

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Montážní zařízení podsestavy brzdového pedálu

Mounting Equipment of Brake Pedal Subassembly

Student: Bc. Tomáš Kubala

Vedoucí diplomové práce: Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Kubala**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 16 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Montážní zařízení podsestavy brzdového pedálu**
Mounting Equipment of Brake Pedal Subassembly

Zásady pro vypracování:

- 1) Popište technologický postup montáže podsestavy pedálu, požadavky na pneumatický systém.
- 2) Navrhněte montážní přípravek.
- 3) Zvolte prvky pneumatického systému a jeho řídicí části.
- 4) Prakticky ověřte funkci navrženého pneumatického systému.
- 5) Vypracujte dispoziční výkres zařízení.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 pp. ISBN 978-3-540-69470-0
KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0
Katalogy a firemní podklady SMC, Festo, Parker a další

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: Ing. Jaroslav Meduna

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



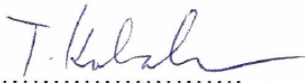
prof. RNDr. Milada Kozubková, CSc.
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.


V Ostravě.....20.5.2013.....

.....
.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :20.5.2013.....

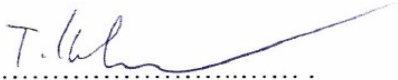
..........
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Tomáš Kubala

Adresa trvalého pobytu autora práce: Nová Ves 345, Frýdlant n. Ostr., 73911, ČR

Poděkování

Na tomto místě, bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Lukášovi Dvořákovi Ph.D. za zájem, připomínky, rady a čas, který věnoval mé práci. Dále Ing. Jaroslavu Medunovi za velice cenné praktické připomínky a možnost shlédnout podobný stroj. Ing. Navrátilovi za předvedení firmy BATZ Czech. Poděkovat bych chtěl také katedře Hydromechaniky a hydraulických zařízení VŠB-TU Ostrava, za poskytnutí podmínek pro vznik této práce, jakož i rodině a přítelkyni za trpělivost a vytvoření příjemného prostředí pro psaní této práce.

Děkuji Tomáš Kubala 

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KUBALA, T. *Montážní zařízení podsestavy brzdového pedálu: diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2013, 66s. Vedoucí práce: Dvořák, L.

Diplomová práce se zabývá návrhem Montážního zařízení podsestavy brzdového pedálu. Úvodní část popisuje druhy brzdových pedálů a zabývá se metodami FMEA, které jsou pro automobilový průmysl vyžadovány. Dále je v úvodní části popis možného uspořádání pracoviště, jakož i popsání přímo pracoviště pro montáž podsestavy brzdového pedálu. V další části se práce zabývá samotným popisem výrobku, který bude zařízení sestavovat. Následující kapitola se již zabývá technologickým postupem skládání brzdového pedálu do podsestavy a výpočtem potřebných parametrů. Na tuto kapitolu navazuje další kapitola, kde se práce věnuje specifikaci prvků pneumatického systému a naprogramování PLC. V závěru práce je ověření správného naprogramování PLC a ověřuje se funkčnost systému. V přílohách jsou obsaženy výrobní výkresy částí brzdového pedálu, pneumatické schéma, diagram pohybů a dispoziční výkres zařízení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Montážní zařízení podsestavy brzdového pedálu, brzdový pedál, FMEA, pracoviště, pneumatický obvod, pneumatické schéma

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KUBALA, T. *Mounting Equipment of Brake Pedal Subassembly: Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Systems, 2013, 66p. Thesis Head: Dvořák, L.

This thesis is about the Mounting Equipment of Brake Pedal Subassembly. Introductory section describes the types of brake pedals and deals FMEA methods, that are required for the automotive industry. Furthermore in the initial part is description of a possible layout of the workplace, as well as directly describe workplace for mounting the brake pedal. The next part deals with the description of the product that the device will be mounted. The following chapter is concerned with technological procedure folding brake pedal to the subassembly and the calculation of the needed parameters. This chapter is followed by another chapter where the thesis is devoted to specifications of the pneumatic system and PLC programming. In conclusion verify the correct programming of PLC and verify the functionality of the system. The annexes are included manufacturing drawings of the brake pedal, pneumatic schematic diagram of movements and equipment layout drawing.

KEYWORDS

Mounting equipment of brake pedal subassembly, brake pedal, FMEA, workplace, pneumatic circuit, pneumatic scheme

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Brzdové pedály	11
2.1	Plastové	13
2.2	Hliníkové.....	13
2.3	Ocelové - lisované.....	14
2.4	Ocelové - svařované.....	14
3	FMEA	15
3.1	Konstrukční FMEA.....	16
3.2	Procesní FMEA.....	16
4	Pracoviště.....	18
4.1	Individuální pracoviště.....	18
4.2	Skupinové předmětné uspořádání	19
4.3	Skupinové technologické uspořádání.....	20
4.4	Skupinové kombinované uspořádání	20
4.5	Pohyblivé uspořádání	20
5	Popis výrobku	21
5.1	Ocelový svařenec	21
5.2	Plastová pouzdra	24
5.3	Teflonové pouzdro	26
6	Technologický postup.....	27
6.1	Vložení dílů do zařízení	27
6.2	Upnutí.....	28
6.3	Lisování plastových pouzder.....	29
6.4	Posuv stolu 1	30
6.5	Lisování teflonového pouzdra.....	31
6.6	Posuv stolu 2	33
6.7	Kalibrování díry plastových pouzder	33
6.8	Odsávání třísek.....	35
6.9	Návrat do výchozí polohy a uvolnění	36
6.10	Odběr podstavy ze zařízení.....	36
7	Specifikace pneumatického systému	37
7.1	Upnutí.....	37
7.2	Lisování plastových pouzder.....	39

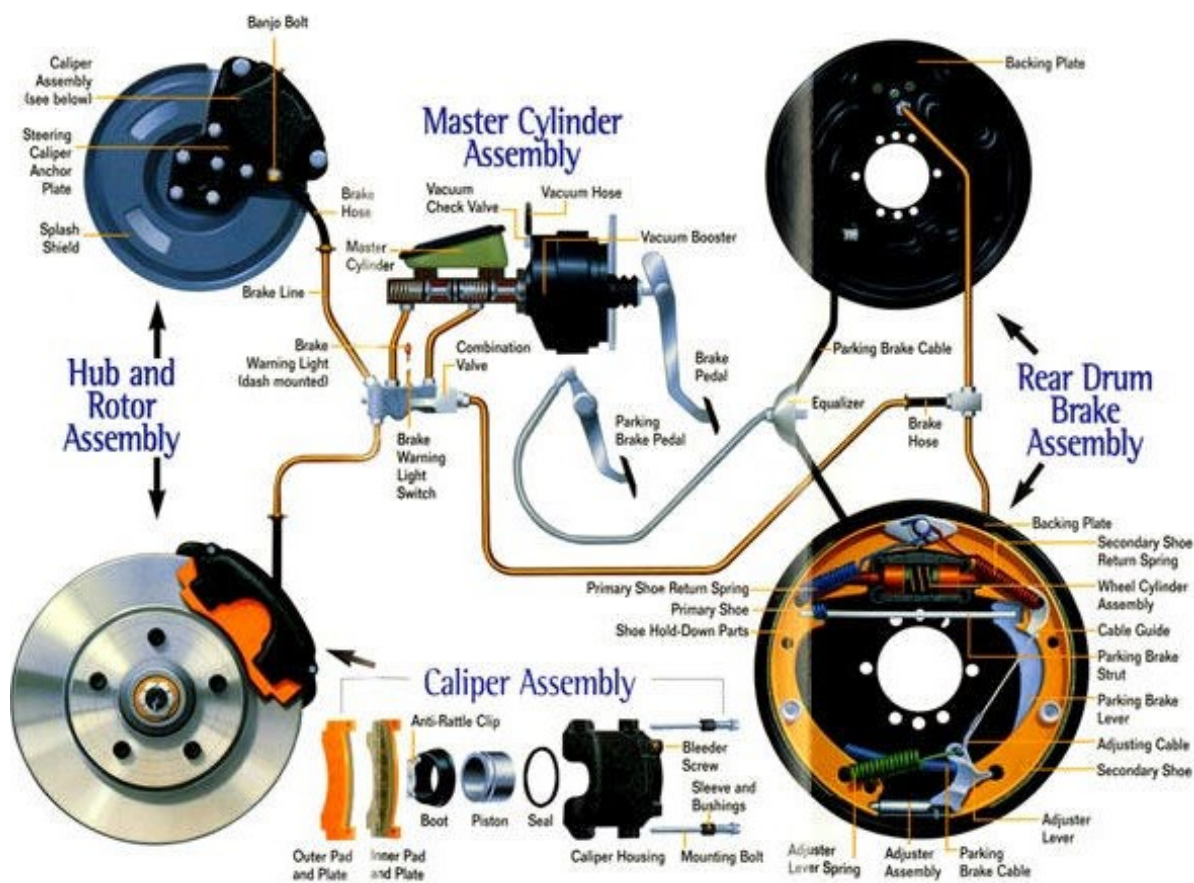
7.3	Lisování teflonových pouzder	40
7.4	Posuv stolu	40
7.5	Odsávání třísek	41
7.6	Kalibrování díry	42
7.7	Volba potrubí	42
7.8	Řízení rychlosti	45
7.9	Řízení směru pohybu	46
7.10	Úprava stlačeného vzduchu	47
7.11	Uzavírání obvodu	48
7.12	Regulace síly lisování teflonového pouzdra	49
7.13	Elektronika	50
7.14	Kontrolní výpočet průtokové propustnosti	51
8	Praktické ověření funkce	53
9	Závěr	57
10	Seznam použité literatury:	58
11	Seznam obrázků:	62
12	Seznam tabulek:	64
13	Seznam grafů:	65
14	Seznam příloh:	66

1 Úvod

Česká republika patří historicky k průmyslově vyspělým státům, kde se průmyslová výroba velmi významně podílí na tvorbě HDP. Jedním z významných odvětví průmyslu v České republice je v poslední době velmi se rozvíjející automobilový průmysl. Automobilový průmysl je vlastně strojírenské průmyslové odvětví, které se zabývá výrobou, vývojem a prodejem motorových vozidel. S Automotive, jak se automobilový průmysl nazývá anglicky, úzce souvisí průmyslový obor strojírenský, elektrotechnický a chemický, na které dále navazují průmysl těžební a hutnický. Celosvětově se podle agentury OICA (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles), tedy mezinárodní organizace výrobců motorových vozidel, vyrobilo v roce 2011 přibližně 80 miliónů motorových vozidel. Na území naší země to pak bylo 1 199 834, což je asi 1,5% ze světové produkce. Obdoba této organizace pro Českou republiku je AutoSAP (sdružení automobilového průmyslu). AutoSAP ve svých statistikách uvádí 1 181 257 vyrobených motorových vozidel na území České republiky za rok 2012, což je pokles o přibližně 1,6% oproti rekordnímu roku 2011. Největšími producenty motorových vozidel na našem území jsou bezesporu výrobci osobních vozidel a to firmy ŠKODA Auto, TPCA Czech a HMMC Nošovice. Mimo osobní vozy jsou významní producenti například TATRA, KAROSA (Iveco Czech Republic), ZETOR, AVIA, SOR Libchavy, TEDOM a mnohé další, jako i například výrobce motocyklů JAWA. V České republice se však nevyrábí jen vozidla jako celky, ale je zde řada podniků a firem, které se zabývají výrobou pouze součástek právě pro Automotive a ty exportují za hranice ČR. Například jen na Autě roku 2013 v České republice, kterým byl jednotně, jak odborníky, tak veřejností, zvolen Volkswagen Golf, dodávalo součástky na 22 českých firem. Já se v mé diplomové práci zabývám navrhováním stroje na skládání brzdového pedálu do sestavy, jehož výrobu by mohla zadat právě firma, zabývající se výrobou součástek pro Automotive. Brzdový pedál je bezesporu součástka nutná pro Automotive, neboť nesmí chybět v žádném motorovém vozidle jakéhokoli provedení. [1] [2]

2 Brzdové pedály

Účel brzdových mechanismů je jasný a ve všech případech naprosto stejný. Musí převést sílu nohy řidiče, přes brzdový pedál, do hydraulického systému, který poté ovládá brzdy. Řidič tedy působí svou nohou na pedál, který svým způsobem tvoří pákový mechanismus a ovládá hlavní brzdový válec, který mění mechanickou energii na energii stlačené brzdové kapaliny. V systémech se obvykle používá podtlakový posilovač, nebo je brzdící účinek vyvolán stlačeným vzduchem. Brzdová kapalina, nebo stlačený vzduch jsou pak rozvedeny pomocí trubek a hadic k jednotlivým kolům, kde se přetváří energie hydraulická (pneumatická) na mechanickou energii ve formě pohybu a následného přitlačení elementu třecí části brzdy, ať už kotoučové, nebo bubnové, a tím vyvolání třecí síly, která vytvoří brzdný účinek. Takovýto funkční brzdový systém je možné shlédnout na Obr. 1.



Obr. 1 - Brzdový systém [13]

Brzdový pedál je tedy ve své podstatě páka, která musí mít jeden rotační stupeň volnosti. Tento stupeň volnosti je realizován kluzným uložením pedálu na hřídeli. Další částí pedálu je prvek, který musí zajistit dobré sešlápnutí pedálu, tedy jakási nášlapka. Poslední důležitou částí je pak prvek, který zajišťuje převod momentu v ose pedálu vytvořený od síly nohy na sílu působící na další ovládání brzd. Další součástí může být doraz, prvek pro uložení pružiny, nebo čidla brzdových světel.

Dnes se můžeme setkat s řadou výrobců jak konvenčních pedálů, tak pedálů sportovních. Pedály v sériově vyráběných vozech se do automobilů montují většinou v tzv. pedálových boxech, které mají různý tvar, případně i různý počet pedálů. Ty, které obsahují 3 pedály, se vždy montují do aut s manuální převodovkou a box tím pádem obsahuje kromě brzdového pedálu, který je uprostřed, i pedál akceleratoru a spojky. S boxy s pedály dvěma, už je složitější použití odhadnout. Může se jednat o aplikaci do vozu s automatickou převodovkou, kde je brzda na levé straně a plyn na pravé. Stejně tak se může jednat o box do vozu, ve kterém se plynový pedál montuje zvlášť, pak se jedná o spojkový pedál vlevo a brzdový na pravé straně.

Konstrukce pedálů je u většiny producentů různá a každá má jistě své výhody, či nevýhody.

[3] [4] [5]

2.1 Plastové

Plastové pedály (Obr. 2) se v osobních vozech začínají rozšiřovat až v poslední době. Průkopníkem v tomto oboru je firma Trelleborg Automotive, která v roce 2010 vyrobila a nechala testovat jeden z takovýchto pedálů. Výhodou této konstrukce je 30-50% úspora hmotnosti oproti konvenčním pedálům a hlavně se sníží celkové náklady na výrobu. Tyto pedály se vyrábí z termoplastu, který je speciální technologií vstřikován za použití vody. Do směsi termoplastu se přidává také skelné vlákno, zesílené polyamidy, či kov. Takto vyrobený pedál prošel všemi potřebnými testy a běžně se dnes může používat. Plast lze také kombinovat s kovovou vložkou, tím pak vznikne pedál hybridní. [6]



Obr. 2 - Plastový pedál [6]

2.2 Hliníkové

Tyto pedály nabízí například firma Wilwood. Jedná se o konstrukci z kovaného hliníku, která má žebrování podobné příhradové konstrukci (Obr. 3). [5]



Obr. 3 - Hliníkový pedál [5]

2.3 Ocelové - lisované

Pedály z ocelového plechu se vyrábějí technologií lisování. Ústřížek ocelového plechu se ohýbá tak, aby jeho tvar byl co nejtužší (Obr. 4).



Obr. 4 – Ocelový - lisovaný pedál [3]

2.4 Ocelové - svařované

Stále nejpoužívanější typ pedálů je ocelová svařovaná konstrukce (Obr. 5). Pedál je většinou svařenec z dlouhého plochého profilu a na něm navařená nášlapka a další potřebné součásti. Součásti, které nejsou z oceli, se většinou do svařence lisují. Mnou navrhovaný stroj bude sestavovat právě pedály této konstrukce.



Obr. 5 - Ocelový – svařovaný pedál

3 FMEA

Pro oblast automobilového průmyslu a jejich dodavatele je striktně vyžadována metoda plánování jakosti FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Je to analytická systematizovaná týmová metoda, zkoumající místa možného vzniku vad ve výrobě. V praxi je totiž lepší zabránit vzniku vad včas, než je následně odhalovat a odstraňovat během výroby, kdy je nutné hradit náklady následků způsobených vad.

FMEA vznikla v USA v 60. letech minulého století, kde se tato metoda využívala pro hledání závažných rizik zejména ve společnosti NASA v kosmonautice při projektech Apollo. V civilním sektoru se začala využívat až později a to u automobilky FORD. Dnes ji doporučují normy ISO řady 9000 a pro automobilový průmysl a jejich dodavatele je tedy vyžadována.

Tato metoda je využívána při vývoji a optimalizaci výrobků při plánování výroby a procesů a je vlastně součástí systémů zjišťování kvality. Její využití má řadu přínosů pro firmu zabývající se jakoukoli výrobou.

Hlavní přínosy FMEA:

- prevence nízké jakosti
- snižování ztrát
- vytváření databází o produktech, či procesech
- spokojenost zákazníka
- vyšší konkurenceschopnost

Hlavní podněty pro nasazení FMEA:

- nový projekt
- inovace stávajících produktů
- zavedení nové technologie
- nedostatek času na vývoj
- problémy ve výrobě

Průběh FMEA:

- 1) Analýza současného stavu
- 2) Hodnocení současného stavu
- 3) Návrh preventivních opatření
- 4) Hodnocení stavu po provedení preventivních opatření

Existuje více druhů FMEA, z nichž prvotní je FMEA systémová (SFMEA), která zkoumá systémy a prvky v koncepčním stádiu vývoje a zabývá se vnitřními vazbami mezi prvkem a systémem. Další je FMEA konstrukční (DFMEA) a procesní (PFMEA). Tyto dvě metody se nejvíce používají. Všechny metody FMEA na sebe navzájem navazují.

3.1 Konstrukční FMEA

Též nazývána jako FMEA produktu, slouží pro analýzu výrobků, jejich částí a prvků. Její výhodou je, že zkoumá prvky, ještě než se začne s výrobou a tím pádem může ušetřit podniku nemalé prostředky, neboť k výrobě zmetku vůbec nedojde. Zaměřuje se na vady způsobené nedostatky konstrukce, tedy nedostatky způsobené vlastním návrhem. Provádět by ji měl tým, který má zkušenosti s podobným výrobkem a tudíž může nedostatky odhalit. Tento tým by měl prozkoumat všechny možné způsoby vzniku poruchy a učinit opatření, aby byla chyba alespoň omezena na co nejmenší míru. Konstrukční FMEA se zabývá také možnými následky při vzniku vady a ty jsou hodnoceny na stupnicích dle závažnosti podle tabulek. FMEA také přezkoumává možný vznik vad, dle požadavků zákazníka.

3.2 Procesní FMEA

Využívá se pro analýzu procesů, v nichž výrobky vznikají. V základu tedy PFMEA vychází z DFMEA a provádí se před zahájením výroby, případně před inovacemi výrobku, nebo změnou technologického postupu. Procesní FMEA tedy hodnotí možnosti selhání procesu výroby, nebo montáže a jeho efektivnosti. Na rozdíl od DFMEA ale PFMEA příčiny vzniku možných vad hledá v navrhovaném postupu realizace a ne v navrhovaném řešení produktu. Průběh funguje tak, že se analyzují postupně jednotlivé operace procesu a to v pořadí v jakém na sebe navazují. Identifikují se tedy všechny možné vady, které se v průběhu vyskytnou na produktu. Tyto vady mohou způsobit jak vadu přímo na produktu, tak mohou způsobit vadu na některé další operaci. Stejně jako konstrukční FMEA, tak i procesní FMEA hodnotí rizikovost. PFMEA se také využívá pro dokumentaci výsledků, nebo výrobních technik procesu.

Při návrhu stroje jaký je v zadání mé diplomové práce, je v praxi běžné, aby zadavatel dal výrobcí takového stroje FMEA dokumenty k dispozici. Jednalo by se tedy o DFMEA. Já bohužel tyto dokumenty nemám, neboť se jedná o interní dokumenty, které by mohly být zneužity. V praxi se také stává, že PFMEA musí být při vývoji stroje upraveny, případně se vytvářejí nové. To se stane například při změně uvažované technologie, nebo v případě, že se z praktických důvodů navrhovaná technologie nedá použít.

[7] [8] [9]

4 Pracoviště

Ve výrobě se rozlišují:

- Pracoviště – základní výrobní a organizační jednotka výrobního procesu
- Výrobní úsek – soustava pracovišť, které tvoří výrobní, nebo organizační celek
- Výrobní jednotka – spojení více výrobních úseků

Jelikož já navrhuji stroj na sestavování brzdových pedálů, v mém případě se bude jednat o část pracoviště (výrobní linka pedálů), které může být z prostorového hlediska uspořádáno různě.

4.1 Individuální pracoviště

Tento způsob se uplatní především, kde se neseskupuje, nebo nelze seskupovat výrobní zařízení do skupin. Používá se v kusové výrobě, nebo v malých dílnách. Můj stroj by tedy v tomto případě byl zřejmě umístěn u zdi, tak aby zabral co nejméně místa a přístup by byl z přední strany. Všechny prvky nutné pro sestavení, případně místo pro odložení hotových kusů, by se nacházelo kolem pracovníka. I když se jedná o jednoúčelový stroj, takto rozmístěné pracoviště nebudu brát v úvahu, neboť Automotive průmysl je většinou ve velkých halách s výrobními linkami.

4.2 Skupinové předmětné uspořádání

Seskupují se zde technologicky odlišná pracoviště, ale ty jsou určeny k výrobě technologicky podobných výrobků. Pracoviště jsou uspořádána dle technologického postupu, tak aby na sebe navzájem práce na jednotlivých pracovištích navazovala. Tento postup se využívá hlavně při výrobě větších objemů výrobků a jedná se vlastně o výrobní linku. Výhodou je snazší a přehledné operativní řízení výroby, automatizace procesů a nízké výrobní náklady. Velké náklady hlavně na čas se ušetří při manipulaci. Lze zaměstnávat i méně kvalifikované pracovníky, jejichž práce je ale značně monotónní. Jelikož stroj na sestavování brzdových pedálů bude zřejmě součástí linky na sestavování pedálových boxů, volím toto uspořádání. Velkou výhodou bude mít v tomto uspořádání ve velké hale tento stroj hlavně při zásobování. Bude totiž přístupný z přední strany, kde bude obsluha, ale také ze zadní strany, kde bude mít přístup například údržba, nebo zásobování. V praxi je zásobování takového stroje realizováno ze zadní strany z uličky, kdy zásobovač vozí přepravky s prvky a vloží je na skluz, který dopraví přepravku k přístupnému místu obsluhy. O realizaci tohoto systému zásobování jsem se mohl přesvědčit u firmy BATZ Czech s.r.o., která funguje v Automotive průmyslu již několik let a podobnými stroji disponuje. Schéma podobného pracoviště je na Obr. 6.



Obr. 6 - Schéma pracoviště

4.3 Skupinové technologické uspořádání

Pracoviště jsou uspořádána podle technologické příbuznosti zařízení. Toto uspořádání je vhodné zejména pro široký okruh výrobků v menších objemech. Výhodou je však snadná změna výrobního programu a lepší využití kapacit strojů. Pro můj případ se toto uspořádání nehodí, neboť stroj je jednoúčelový.

4.4 Skupinové kombinované uspořádání

V praxi se dost často využívá kombinace předchozích dvou uspořádání.

4.5 Pohyblivé uspořádání

Výrobní zařízení se přizpůsobuje místu vytvoření zakázky. Stavba domů, nebo velkých strojů.

[10]

5 Popis výrobku

Výrobek, který stroj na skládání brzdového pedálu bude skládat, si po dohodě s vedoucím a konzultantem mé diplomové práce budu volit. Jelikož se jedná o interní informace, jejichž zveřejňování je smluvně ošetřeno, není možné informace o přesných rozměrech a druzích použitého materiálu získat.

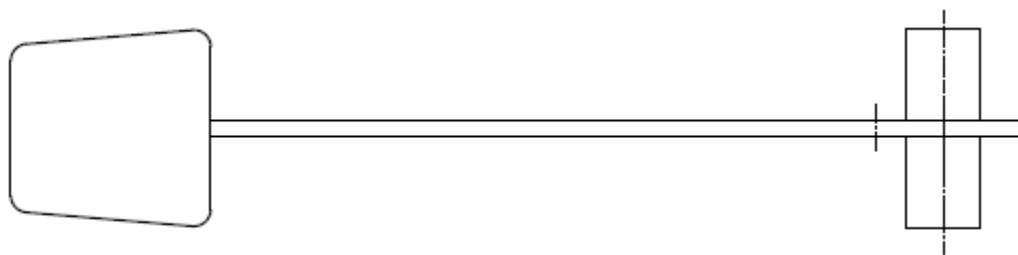
Dle návštěv ve firmě BATZ Czech a MOS technik jsem si tedy zvolil svařený ocelový brzdový pedál, do kterého se budou postupně vkládat plastová pouzdra a pouzdro teflonové. Firma BATZ Czech se zabývá výrobou mimo jiné pedálových boxů a s tím spojenou výrobou brzdových pedálů. MOS technik je firma, zabývající se projektováním, výrobou a zprovoznováním strojů a linek podobných mému zadání. Z návštěv těchto firem jsem se poučil, jak v praxi takový výrobek vypadá a je možné jej vyrobit a z těchto informací budu vycházet. Na Obr. 7 lze takovýto skutečný pedál vidět.



Obr. 7 - Ukázka pedálu

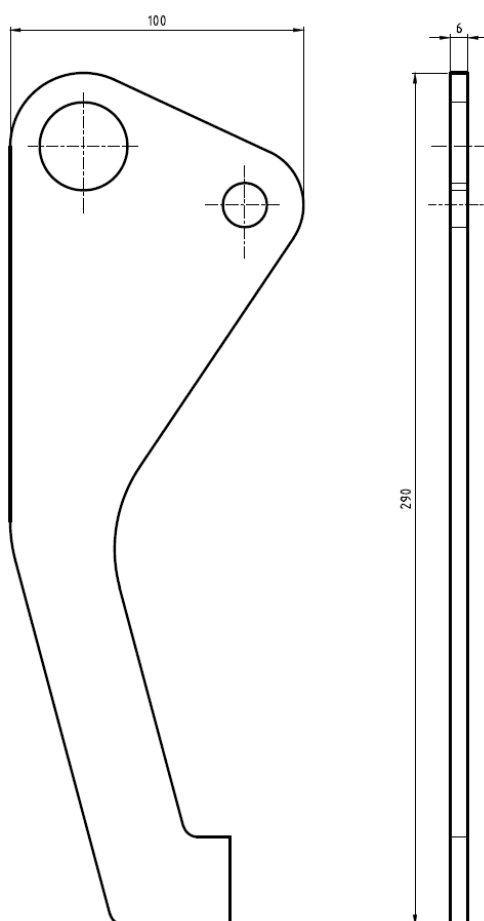
5.1 Ocelový svařenec

Základní část brzdového pedálu je ocelový svařenec, do něhož se budou vkládat další prvky. Obvykle se taková součást svařuje svařovacím robotem technologií MAG. Pedál je ale samozřejmě možné svařit ručně poloautomatem MAG. Ruční svařování se používá zejména při výrobě prototypů. Náčrt svařence je možné shlédnout na Obr. 8 a výkres je v Příloze I - Výkres svařence brzdového pedálu: HYD-KUB-02.01.



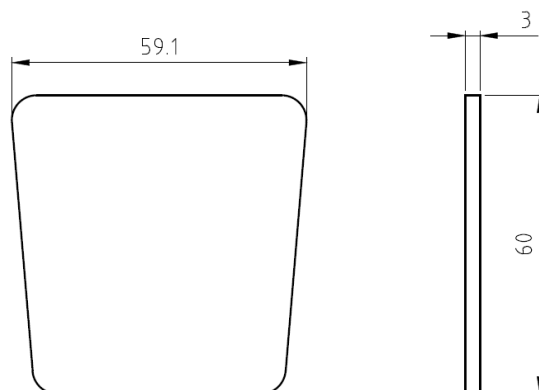
Obr. 8 - Náčrt svařence brzdového pedálu

Hlavní částí svařence je ocelový výpalek, který nazývám tělo. Náčrt tohoto výpalku je na Obr. 9 a jeho výrobní výkres je v Příloze F - Výrobní výkres těla pedálu: HYD-KUB-02.01.01. Jedná se o výpalek z plechu P5 ČSN 42 5310 – 11 523. Jelikož vypálením nezajistím správnou geometrickou toleranci děr, díry ve výpalku budou muset být vyvrtány a to s přesností H7. Ocel 11 523 je svařitelná konstrukční ocel vhodná pro svařované konstrukce i ohýbané konstrukce namáhané staticky i dynamicky. [15]



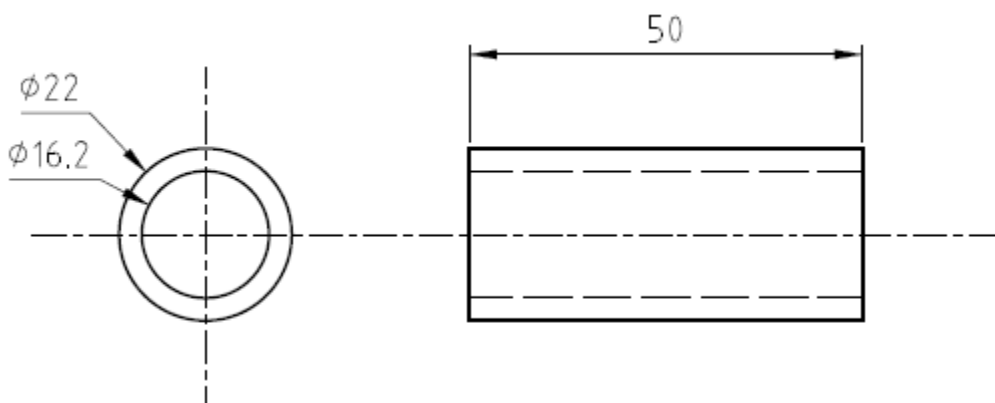
Obr. 9 - Tělo pedálu

Další částí svařence je nášlapka z plechu P3 ČSN 42 5310 – 11 523, jejíž náčrt je na Obr. 10 a její výrobní výkres je v Příloze H - Výrobní výkres nášlapky pedálu: HYD-KUB-02.01.03. Pro zjednodušení tato nášlapka není nijak ohýbaná, ale z ergonomického hlediska by zřejmě bylo nutné nášlapku lehce ohnout pro lepší nášlap nohy. [15]



Obr. 10 - Nášlapka

Poslední ze 3 částí svařence je ocelová trubka, která je znázorněna na Obr. 11. Jedná se o ocelovou trubku TR Ø 22 x 2,9 ČSN 42 5715.01 – 11 523, nebo 11 353, dle potřeby. Vnitřní průměr trubky, by po svaření měl být obroben na Ø 17 mm a přesnost H7, kvůli vkládání plastových pouzder. Pokud nebude tato přesnost dodržena, vznikl by problém s vkládáním, nebo naopak vypadáváním plastových pouzder, případně jejich nepřesností v případě dalšího neobrobení. Jednodušší by bylo obrobit vnitřní průměr trubky ještě před svařením, ale to jen v případě, že by svaření nemělo vliv na její přesnost. Výrobní výkres trubky pedálu je v Příloze G - Výrobní výkres trubky pedálu: HYD-KUB-02.01.02. [15]



Obr. 11 - Trubka

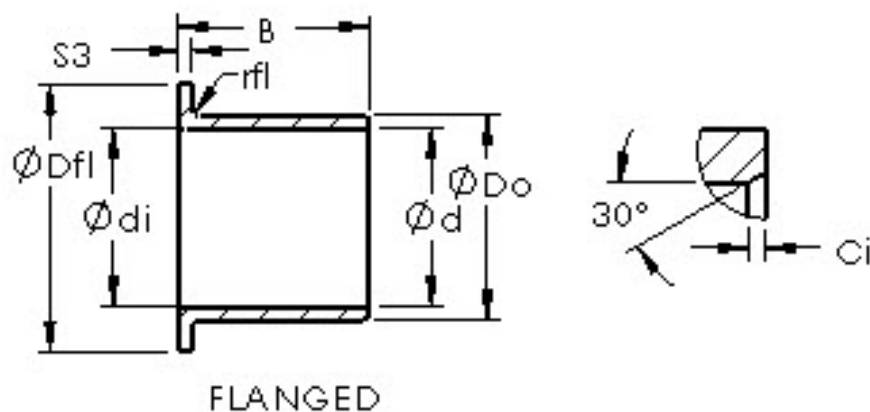
5.2 Plastová pouzdra

Pro kluzné uložení brzdového pedálu na hřídeli obvykle slouží plastová pouzdra nalisovaná do přesné trubky. Dle pedálů, které jsem měl možnost shlédnout, jsem vybral plastové kluzné pouzdro ASTEPBF 1517-20 firmy AST. Jedná se o samomazné plastové pouzdro vyrobené technologií vstřikováním z materiálu EPB a jeho náhled je na Obr. 12. Plastová pouzdra jsou vyrobena z různých pryskyřic v kombinaci s výztužnými vlákny a pevnými mazivy. Tato kombinace poskytuje vynikající odolnost proti opotřebení a dosahuje nízkého tření, jak za sucha, tak i za různých provozních podmínek mazání, v širokém rozsahu aplikací. EPB materiál je také ekonomickým řešením pro průmyslové vzory v masové výrobě. Jelikož se takové pouzdro v angličtině nazývá „bushig“ v české praxi se označuje jako „bušinka“. Pro správnou a přesnou instalaci tohoto pouzdra je zapotřebí díru, do které bude bušinka lisována obrobít na přesnost H7. Důležité je také upravení náběhových hran trubky tak, aby tam pouzdro bylo nalisováno bez úbytku materiálu. Tohoto výrobce pouzder jsem si vybral, protože ve své dokumentaci uvádí jak lisovací síly, tak kompletní rozměry a tolerance. Před nalisováním se tolerance příliš nedá měřit, a proto se určuje až po nalisování. Vnitřní díra pouzdra splňuje po nalisování toleranci E10. Jelikož má hřídel být v toleranci h9, jednalo by se o uložení s vůlí. Je otázkou, zda by tato vůle vyhovovala, či ne. V praxi se však tyto pouzdra přestružují. I když nevím, jakého mají dodavatele pouzder, zřejmě tato vůle nestačí a je nutné rozměr upravit, ať už z důvodů vůlí, nebo geometrických tolerancí. Přesné rozměry pouzdra jsou ke shlédnutí na Obr. 13 a v tabulce 1.

[16] [18]



Obr. 12 - Plastové pouzdro [16]



Obr. 13 - Rozměry plastového pouzdra [17]
Tabulka 1 - Rozměry plastového pouzdra [17]

Attributes	Values
Bearing Type	flanged
Shaft Dia., Nominal (d)	15.0000
Bearing Outside Diameter, Nominal(Do)	17.000
Bearing Bore after Mounting (di)	15.102 - 15.032
Bearing Length, Nominal (B)	20.000
OD Chamfer Length (Co)	0.800
Flange Dia. (Dfl ±0.5)	23.000
Flange Thickness (Sfl)	1.000
Material	Molded plastic with self lubricating resins.

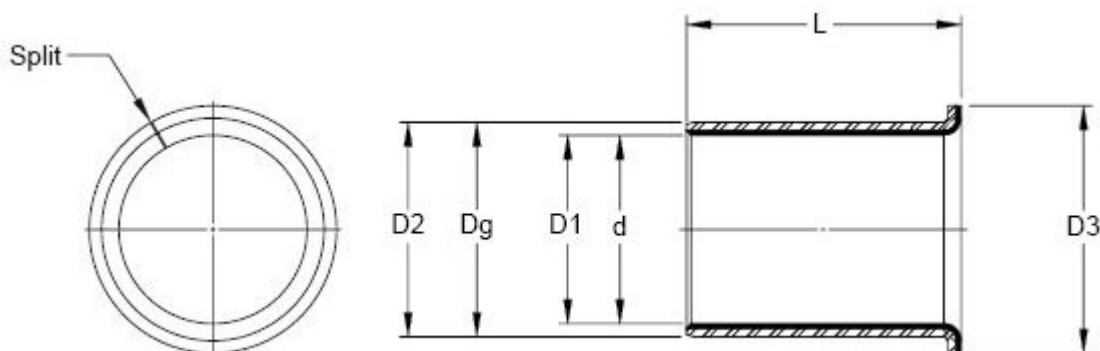
Našel jsem a také kontaktoval dalšího výrobce bušinek. Jednalo se o výrobek z materiálu Iglidur firmy Igus, který po nalisování zaručoval také přesnost E10. K tomuto výrobku jsem našel velmi přesná data a to navíc v češtině. Bohužel nebylo možné zjistit ani lisovací síly, ani přesný vnější rozměr pro případný výpočet lisovacích sil a to ani skrze české zastoupení. [20]

5.3 Teflonové pouzdro



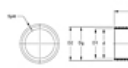
Obr. 14 - Teflonové pouzdro

Jedná se o kompozitní přírubové pouzdro jako na Obr. 14. To je složeno z podpory z uhlíkové oceli a PTFE vrstvy. Je to samomazné pouzdro s vynikajícím poměrem mezi cenou a službou, kterou je schopno vykonat. Pouzdro se ukládá do díry H7 a je použitelné pro hřídel f7. Po zalisování pouzdra a vložení hřídele pak vznikne spoj H10f7. Tato vůle zřejmě stačí, neboť v praxi se po nalisování vůle nijak neupravuje. Z dostupných dokumentů na internetu jsem se rozhodl použít pouzdro firmy Daemar, kterému jsou také k dispozici veškeré potřebné dokumentace pro aplikaci. Jedná se o pouzdro MB10129-FTH, jehož rozměry jsou ke zhlédnutí v Obr. 15 a tabulce 2 . [21]



Obr. 15 - Rozměry teflonového pouzdra [21]

Tabulka 2 - Rozměry teflonového pouzdra [21]

Diameter - D1	10 mm 
Diameter - D3 ?	18 mm
Length - L ?	9.0 mm
Shaft Diameter - d	9.972 mm 9.987 mm
Housing Bore - Dg	12.000 mm 12.018 mm
Installed ID - D1E	9.990 mm 10.058 mm

6 Technologický postup

Technologický postup jsem zjistil z již fungujících strojů, a protože stroje fungují dobře a prozatím postup z technologického hlediska není třeba měnit, budu se zabývat dimenzováním pohonů, případně úpravami jednotlivých kroků a budu zohledňovat také možnosti případné změny. Navrhované pneumatické schéma je v Příloze A, diagram pohybů je v Příloze C a dispoziční výkres obsahuje Příloha B. V dispozičním výkresu je také možné shlédnout celý montážní přípravek.

6.1 Vložení dílů do zařízení

Vkládání dílů bude probíhat ručně a to vyškolenou obsluhou.

Obsluha do zařízení vloží:

- Svařenec pedálu

Svařenec vloží obsluha do přesné drážky a usadí jej na rádius pro trubku (Obr. 16). Správné uložení a vůbec vložení by mělo kontrolovat optické, případně kapacitní čidlo.



Obr. 16 - Vložení do přípravku

- Plastová pouzdra (2ks)

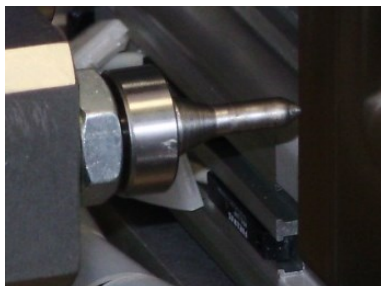
Plastová pouzdra obsluha nasadí na trny (Obr. 17). Aby nedošlo ke zmetkové výrobě, i zde by mělo být čidlo, které by odhalilo chybu obsluhy.



Obr. 17 - Vložení plastových pouzder

- Teflonové pouzdro

Teflonové pouzdro obsluha nasadí na trn, kde by jeho přítomnost opět mělo ověřit čidlo. Trn pro vložení teflonového pouzdra je na Obr. 18.



Obr. 18 - Vložení teflonového pouzdra

6.2 Upnutí

Upnutí bude probíhat na základě povelu obsluhy. Aby nedošlo k úrazu, bude na zařízení nainstalována optická brána, která zastaví proces ve kterékoli fázi při přerušení brány. Aby se systém zastavil okamžitě, musí být všechny rozváděče se střední polohou uzavřeny. Upnutí bude realizováno pomocí dvojice pneumatických přímočarých motorů. Z nichž jeden (1A1) upne trubku pro nalisování plastových pouzder do přesných kleštin. Tím zajistí přesnou polohu. Druhý válec (1A2) upne tělo pedálu tak, aby nedošlo k protočení na trubce. Na Obr. 19 lze vidět upnutý výrobek v kleštinách a upnutí proti pootočení.



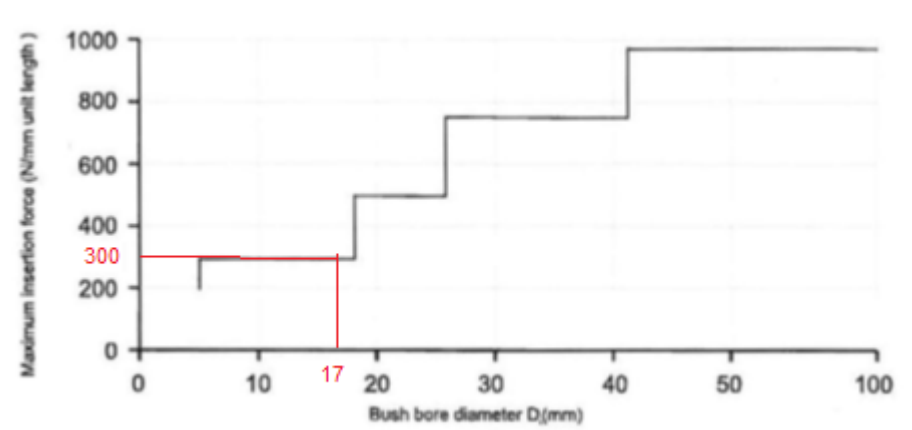
Obr. 19 - Upnutí

6.3 Lisování plastových pouzder

Největší nároky na tuhost zařízení a sílu pneumomotorů má zřejmě právě lisování plastových pouzder. Tyto pouzdra musí být zalisována přesně. Tudiž bude nutné oba dva pneumatické válce osadit polohovými čidly. Pokud nebude stačit přesnost obyčejných koncových čidel, bude nutné využít čidla se spojitým signálem. Jelikož bude tento systém dosti problematické dimenzovat a nastavit tak, aby správně lisoval, před válci bude ještě redukční ventil, kterým bude moci lisovací sílu doladit a případně omezit kvůli tuhosti celého zařízení. O čidlu dosaženého lisovacího tlaku místo čidel polohy při nalisování je také možné uvažovat, stejně jako o čidlu minimálního lisovacího tlaku, které by odhalilo případnou velkou vůli pouzdra a předešlo by se tak vypadnutí.

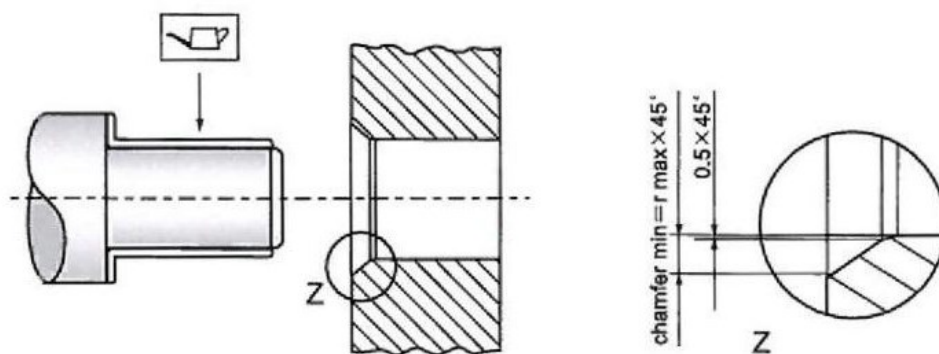
Firma AST pro svá plastová pouzdra EBD vytvořila graf lisovacích sil. Z grafu 1 je tedy možné odečíst hodnotu 300 Nmm^{-1} lisovací síly na milimetr zasunutí pro pouzdro o $D_0 = 17 \text{ mm}$, tuto odečtenou hodnotu označím jako F_{mm} . Pouzdro je dlouhé 20 mm, takže dle jednoduchého vzorce (6.1) se lisovací síla plastového pouzdra, kterou označím F_{LP} , spočítá na výslednou hodnotu 6000 N. 0

$$F_{LP} = F_{mm} \cdot B = 300 \cdot 20 = 6000 \text{ N} \quad (6.1)$$



Graf 1 - Lisovací síly plastových pouzder 0

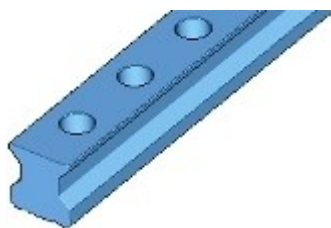
Lisování tedy bude realizovat dvojice relativně velkých přímočarých pneumotorů, jejichž přesnému dimenzování se budu věnovat v další kapitole této práce. Přípravek pro lisování, tedy jakýsi trn je poměrně jednoduchý a výrobce jej nikterak nespecifikuje. Hrana díry, do které bude bušinka instalována, by však měla být obrobena dle požadavků výrobce pouzdra pro správné aplikování, tak jak je to na Obr. 20. 0



Obr. 20 - Příprava pro lisování plastového pouzdra

6.4 Posuv stolu 1

Z důvodů velikosti pohonů lisování plastových pouzder a samozřejmě taky pouzdra teflonového budu muset celý přípravek pro upnutí realizovat na posuvném stole. Tento stůl bude ovládat pneumatický válec a koncové polohy budou osazeny tlumiči nárazu, případně šrouby pro přesné nastavení polohy. Pro hladký posuv, bude stůl uložen na lineárním válečkovém vedení. Jedná se o kolejnice typu R s průchozí dírou RGR25R firmy HIWIN (Obr. 21) a přírubové vozíky RGW25HC téže firmy na Obr. 22. Stůl bude uložen na dvou kolejnicích tohoto typu s více vozíky. [24]



Obr. 21 – Kolejnice [24]



Obr. 22 - Přírubový vozík [24]

Potřebnou sílu pro posuv stolu zjistím součtem síly třecí a síly potřebné pro zrychlení. Budu uvažovat váhu posunované hmoty $m = 50 \text{ kg}$ a zrychlení $a = 0,1 \text{ ms}^{-2}$. Gravitační síla tedy bude:

$$F_G = m \cdot g = 50 \cdot 9,81 = 490,5 \text{ N} \quad (6.2)$$

Síla třecí způsobující odpor proti pohybu se vypočítá pomocí součinitele tření $f = 0,003$, který platí pro zvolené vedení a sdělil mi jej přímo zástupce firmy HIWIN s.r.o..

$$F_T = F_G \cdot f = 490,5 \cdot 0,003 = 1,5 \text{ N} \quad (6.3)$$

Síla potřebná pro rozjezd stolu, tedy pro jeho zrychlení.

$$F_a = m \cdot a = 50 \cdot 0,1 = 5 \text{ N} \quad (6.4)$$

Celková síla pro posuv stolu pak bude.

$$F_C = F_T + F_a = 1,5 + 5 = 6,5 \text{ N} \quad (6.5)$$

[25]

6.5 Lisování teflonového pouzdra

Samotné lisování budou provádět 2 pneumatické válce, které budou osazeny přípravkem (tedy trny) pro zalisování a rozlisování pouzdra.

Z levé strany se pouzdro nalisuje do díry. Na trnu (Obr. 18) bude vloženo pouzdro a zalisováno přímočarým pneumomotorem. Tvar trnu a díru pro pouzdro opět udává výrobce těchto pouzder (Obr. 23). Lisovací sílu teflonového pouzdra F_{LT} také udává výrobce a pro mou zvolené pouzdro, při stěně pouzdra 1 mm a délce pouzdra $L = 9 \text{ mm}$ je dle vzorce (6.6), který vychází z tabulky 3 $F_{LT} = 2700 \text{ N}$.

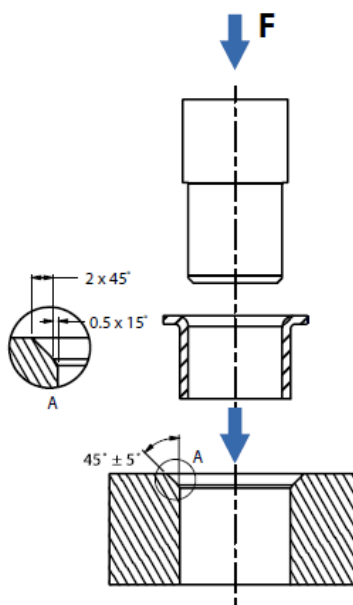
$$F_{LT} = 300 \cdot L = 300 \cdot 9 = 2700 \text{ N} \quad (6.6)$$

Tuto hodnotu je ale možné snížit, neboť šířka těla svařence, kde je díra pro pouzdro je jen 5 mm, tedy jakási redukováná délka, tedy L_{red} . Pak tedy lisovací síla bude jen 1500N.

$$F_{LTred} = 300 \cdot L_{red} = 300 \cdot 5 = 1500 \text{ N} \quad (6.7)$$

Tabulka 3 - Lisovací síla teflonového pouzdra [22]

Approximate Values of the Pressing Force "F" in Newtons	
Bushing Thickness 1 mm	$F = 300 \times L$



Obr. 23 - Lisování teflonového pouzdra [22]

Na pravé straně lisování teflonového pouzdra bude trn, jako je na Obr. 24. Tento trn ohne vystupující část pouzdra z těla svařence a vytvoří lem i na druhé straně pouzdra. Tvar toho přípravku nebudu příliš řešit. Jedná se o speciální věc, která z dostupné literatury nelze zjistit a rádius pro ohnutí se zřejmě zjišťuje experimentálně až při výrobě.



Obr. 24 - Rozlisování teflonového pouzdra

Sílu pro ohnutí příruby spočítám dle vzorce pro zjednodušený výpočet síly pro vytvoření lemu z literatury [23] (3.35 str.36).

$$F = 1,1 \cdot \pi \cdot s \cdot R_e (D - d) = 1,1 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 205 \cdot (16 - 10) = 4248 \text{ N} \quad (6.8)$$

D – průměr vnějšího lemu [mm]

d – průměr otvoru [mm]

s – tloušťka stěny trubky [mm]

R_e – mez kluzu

Mez kluzu volím $R_e = 205 \text{ MPa}$. Tato hodnota je pro nelegovanou ocel na tenké plechy určené k lemování 10370. Přesný materiál pouzdra neznám. [15]

Tento výpočet je ovšem pro mou aplikaci nevhodný, neboť se jedná o naříznuté pouzdro a tím pádem síla vychází o dost vyšší, než jaká by měla být reálně. V praxi se tato síla stanovuje experimentálně. Já tuto sílu budu volit dle stroje, který jsem měl možnost shlédnout a skládá podobné pedály. Je zde použit pneumatický přímočarý motor o průměru pístu 63 mm, který pracuje při jmenovitém tlaku systému 0,6 MPa. Systém je počítán na 0,5 MPa, takže výsledná síla je 1559 N.

$$F = p \cdot S = p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 5 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,063^2}{4} = 1559 \text{ N} \quad (6.9)$$

Pro úplnost je zde nutné dodat, že druhý válec, tedy 4A2 bude škrtícím ventilem nastaven tak, že oproti válci 4A1 bude mít zpoždění. Pokud by tak nebylo, pouzdro by se nezalisovalo správně a nedošlo by k olemování.

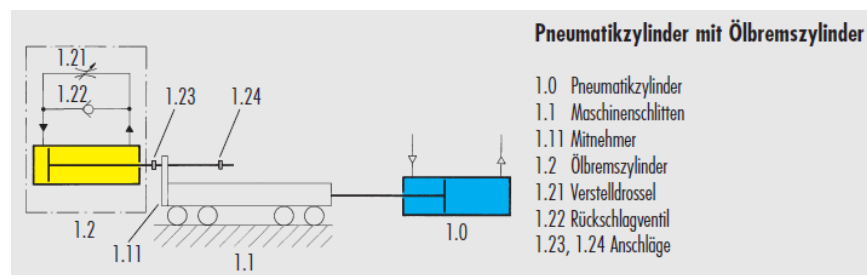
6.6 Posuv stolu 2

Jelikož zřejmě opět nebude dostatek místa, bude se muset stůl posunout ještě o jednu polohu. To bude realizovat další přímočarý pneumomotor, který bude mít stejné vlastnosti, jako pneumomotor na 1. posuvu.

6.7 Kalibrování díry plastových pouzder

Samotné kalibrování díry bude prováděno přesným výstružníkem upnutým ve speciálním zařízení. Toto zařízení v sobě kombinuje rotační pohyb a přesný přímočarý posuv a jedná se vlastně o automatickou vrtací jednotku. Bude to jedna z nejdrahších částí zařízení. Od zadavatele výroby pedálů by bylo potřeba zjistit, jaká je povolená tolerance pro umístění hřídele v pouzdrech, zda-li by nebylo možné tento krok vynechat. Jelikož se v praxi plastová pouzdra přestružují, i já s tím budu počítat. Domnívám se, že vystružování je nutné, neboť se díra v trubce po svařování již neupravuje na přesnou toleranci.

Vystružovat se bude výstružníkem 15,5H7 a stroj, který to bude provádět, by měl umožnit rychlý přísuv, pomalé vystružování a rychlý výsuv. Tyto vlastnosti splňuje pneumo-hydraulický systém jako na Obr. 25. Jedná se o pneumatický válec, na který je skrze mechanickou vazbu upevněn válec hydraulický s přesným škrcením, případně jednosměrným ventilem. Jedná se vlastně o hydraulický tlumič, ve funkci brzdy. Praktické použití lze pak shlédnout na Obr. 26. Jedná se o výrobek firmy Sugino. [27]



Obr. 25 - Pneumo-hydraulický systém [26]



Obr. 26 - Využití hydraulické brzdy [27]

O rotační pohyb se může starat buď elektromotor, nebo stlačený vzduch. Systém kombinující elektromotor s pneumatickým posuvem, který nabízí firma Sugino bohužel neumožňuje dostatečný pracovní krok pro mou aplikaci. Na trhu je dostupný a v praxi velmi používaný, stroj MONOmaster firmy Suhner na Obr. 27. Jeho cena je však velice vysoká. Vzhledem k tomu, že řeším stroj poháněný pneumaticky, rozhodl jsem se použít vrtací automat, který pro rotační pohyb používá stlačený vzduch. Jedná se o stroj firmy Sugino a to typ SFC-1305 na Obr. 28. [27][11]



Obr. 27 - Vrtací stroj [11]



Obr. 28 - Pneumatický vrtací stroj [27]

6.8 Odsávání třísek

Při vystružování pouzdra budou vznikat třísky, které při zapadnutí do upínacího přípravku mohou způsobit nepřesnosti. Je tedy nutné realizovat odvod třísek pomocí odsávání. V zařízeních, která jsem měl doposud možnost zhlédnout, bylo odsávání realizováno pomocí kruhového transvectoru (Obr. 29). Na tomto obrázku je i pneumatická značka, kterou jsem si dovolil dle funkce navrhnout, neboť transvector svou značku zatím nemá. Seznámil jsem se s tímto systémem a zvažoval jsem jeho výměnu za například nějaký odsávač, případně obyčejný vysavač. Každopádně hubice jakéhokoli odsávání bude potřebovat další malý přímočarý pneumomotor pro přiblížení. Odsávání bude probíhat během vystružování.



Obr. 29 – Transvector 0

Pro rozhodnutí, zda zvolit transvector, nebo vysavač, jsem se rozhodl propočítat spotřebu energie. Transvector firmy Vortec typ 903 s vnitřním průměrem 40 mm má spotřebu stlačeného vzduchu při 0,55 MPa 583 lmin^{-1} . I když to výrobce, respektive prodejce, nikde neuvádí, jedná se již o normálový průtok a není jej tedy nutné přepočítávat. Při volbě tohoto prvku bych všem, kteří s tímto systémem nemají zkušenosti, doporučil, aby kontaktovali prodejce a informovali se, o jaké jednotky se jedná, neboť v případě že se jednotky opět přepočítají na normálový průtok, dojdeme k hodnotám průtoku nesmyslně vysokým.

Objem spotřebovaného vzduchu za dobu odsávání přibližně $t_{od} = 5$ s bude:

$$V = \frac{Q}{t} = \frac{0,583}{5} = 0,1166 \text{ m}^3 \quad (6.10)$$

Udávanou spotřebu vzduchu převedu na specifickou spotřebu elektrické energie pomocí empirického vztahu, který udává ve svých podkladech firma SMC. Jedná se o hodnotu $0,2 \text{ m}_n^3 \text{ kW}^{-1}$ - $0,15 \text{ m}_n^3 \text{ kW}^{-1}$.

$$\frac{0,1166 \text{ m}_n^3}{0,2 \text{ m}_n^3 \text{ kW}^{-1}} = 0,583 \text{ kW} \quad (6.11)$$

Vysavač, nebo odsávač s příkonem 600 W, bych sice zřejmě našel, ale jeho sací výkon a kvalita by za moc nestála. Použití transvectoru v tomto případě je oprávněné.

[25] [28] 0

6.9 Návrat do výchozí polohy a uvolnění

Uvolnění hotového pedálu bude navazovat na předchozí krok a bude probíhat automaticky po navrácení upínacího přípravku do výchozí polohy.

6.10 Odběr podsestavy ze zařízení

Odběr podsestavy ze zařízení bude probíhat opět ručně obsluhou stroje. Obsluha by měla být upozorněna na neproběhlý, případně špatně proběhlý cyklus.

7 Specifikace pneumatického systému

Při navrhování pneumatického systému budu vycházet z předpokladu, že je systém napojen na centrální rozvod stlačeného vzduchu, který je dostatečně dimenzován na spotřebu vzduchu stroje pro skládání pedálů. Budu počítat, že tlak na vstupu do pneumatického systému neklesne pod 0,6 MPa, ale přesto raději použité pohony budu počítat na 0,5 MPa. V praxi se pneumatické pohony počítají stejně, neboť výpočet zohledňuje ztráty, které mohou vzniknout na vedení, nebo na prvcích. Řízení pneumatického systému bude probíhat pomocí PLC. Všechny rozvaděče budou tedy ovládány elektromagnety. Stejně tak koncové polohy válců, u kterých to bude nezbytné, budou opatřeny elektronickými koncovými spínači. Celý systém se bude spouštět pomocí startovacího tlačítka a neoprávněný vstup do stroje bude kontrolovat optická brána. Návrh schématu celého pneumatického systému obsahuje Příloha A – Výkres obvodového schématu: HYD-KUB-02. Systém pro kontrolu vložení prvků a správného provedení celého sledu operací, tedy různá čidla ve své práci řešit nebudu. Tyto věci bych řešil, v případě, že bych měl k dispozici FMEA dokumentaci, nebo bych ji měl vytvářet.

7.1 Upnutí

Jedná se o 2 přímočaré pneumomotory, jejichž síla se z výpočtů těžko odhaduje. Na upnuté tělo pedálu působí síly, vyvolávající jiné přímočaré pneumomotory, které působí sice vždy naproti sobě, ale v případě lisování teflonového pouzdra na svařenec působí nejdříve síla z jedné a posléze i z druhé strany. Dle experimentálního vyhodnocení firmy MOS technik volím 2 různé přímočaré dvojčinné pneumomotory s jednostranně vyvedenou pístnicí. Volím pneumomotory firmy Stránský a Petržík, Pneumatické válce spol. s.r.o.. Parametry pneumomotorů jsou v tabulce 4 a 5. Tuto firmu jsem si vybral, neboť se jedná o český výrobek, jehož rozměry odpovídají ISO 15552, tedy normám, podle nichž se jednotlivé válce různých výrobců dají v případě potřeby jednoduše vyměnit. Tento výrobce disponuje také širokým sortimentem příslušenství, jako jsou různé druhy upínacího příslušenství a to vše je v přehledném českém katalogu, s možností si nechat poslat 3D zobrazení v různých formátech. [29]

Tabulka 4 - Specifikace pneumomotoru 1A1[29]

Typ	10201 60 00 080 0050
Průměr pístu	80 mm
Zdvih	50 mm
Průměr pístnice	25 mm
Pracovní tlak	0,6 MPa
Minimální tlak	0,1 MPa
Maximální tlak	1,0 MPa
Připojovací závit	G3/8"

Tabulka 5 - Specifikace pneumomotoru 1A2

Typ	10201 60 00 040 0100
Průměr pístu	40 mm
Zdvih	100 mm
Průměr pístnice	16 mm
Pracovní tlak	0,6 MPa
Minimální tlak	0,1 MPa
Maximální tlak	1,0 MPa
Připojovací závit	G1/4"

Pneumomotor 1A1, který upíná svařenec do kleštin, bude připevněn na pevných patkách jako na Obr. 30 . Válec 1A2 bude upnut ve středové objímce na Obr. 31 a na konci pístnice bude vidlice, jako na Obr. 32.

**Obr. 30- Patka [29]****Obr. 31 - Středová objímka [29]**



Obr. 32 - Vidlice na pístní tyč [29]

7.2 Lisování plastových pouzder

Zde budu volit 2 stejné přímočaré pneumomotory s jednostranně vyvedenou pístnicí a to dle ISO 15552. Lisovací síla bušinek by měla dosahovat 6000 N. Průměr pístu tedy bude:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6000}{\pi \cdot 5 \cdot 10^5}} = 0,124 \text{ m} = 124 \text{ mm} \quad (7.1)$$

[25]

Volím tedy pneumomotor Stránský a Petržík s průměrem pístu 125 mm a zdvihem 100 mm, jehož specifikace je v tabulce 6 a upevněn bude na patky jako na Obr. 30.

Tabulka 6 - Specifikace pneumomotoru 2A1 a 2A2

Typ	10201 60 00 125 0100
Průměr pístu	125 mm
Zdvih	100 mm
Průměr pístnice	32 mm
Pracovní tlak	0,6 MPa
Minimální tlak	0,1 MPa
Maximální tlak	1,0 MPa
Připojovací závit	G1/2"

7.3 Lisování teflonových pouzder

Lisování teflonových pouzder budou provádět opět přímočaré pneumomotory s jednostranně vyvedenou pístnicí. Pneumomotor 4A1, který bude pouzdro lisovat, by měl mít sílu dle výpočtu 1500 N. Pneumomotor 4A2, který pouzdro lemuje, má experimentálně určený průměr pístu 63 mm a to dle výpočtů odpovídá ve vzorci (6.9) 1559 N při 0,5 MPa. Volím tedy 2 stejné pneumomotory firmy Stránský a Petržík s průměrem pístu 63 mm a zdvihem 150 mm, jehož specifikace jsou v tabulce 7.

Tabulka 7 - Specifikace pneumomotoru 4A1 a 4A2

Typ	10201 60 00 063 0150
Průměr pístu	63 mm
Zdvih	150 mm
Průměr pístnice	20 mm
Pracovní tlak	0,6 MPa
Minimální tlak	0,1 MPa
Maximální tlak	1,0 MPa
Připojovací závit	G3/8"

7.4 Posuv stolu

I když se stůl posune dvakrát, volbu pohonu si mohu dovolit zařadit do jednoho bodu, neboť se bude jednat o dva stejné přímočaré pneumomotory s jednostranně vyvedenou pístnicí. Dle vypočtené síly 6,5 N, která by měla být i na mezikruží, volím nejmenší možný průměr pístu přímočarého pneumomotoru firmy Stránský a Petržík dle ISO 15552. Jedná se tedy o válce s průměrem pístu 32 mm a zdvihem 150 mm. Specifikace je v tabulce 8.

Tabulka 8 – Specifikace pneumomotoru 3A a 5A

Typ	10201 60 00 032 0150
Průměr pístu	32 mm
Zdvih	150 mm
Průměr pístnice	12 mm
Pracovní tlak	0,6 MPa
Minimální tlak	0,1 MPa
Maximální tlak	1,0 MPa
Připojovací závit	G1/8"

7.5 Odsávání třísek

Na odsávání třísek po vystružování jsem zvolil transvector 903 firmy Vortec s parametry v tabulce 9. Tento prvek je označen jako 7A.

Tabulka 9 - Specifikace transvectoru 0

Model	Vnitřní průměr (mm)	Spotřeba stlačeného vzduchu při 5,5 bar	Spotřeba stlačeného vzduchu při 6,9 bar	Zesílení při zapojení do potrubí	Výstupní proud vzduchu v potrubí (l/min.)
901B (mosaz)	10	192	235	4 : 1	906
901XSS (nerez)	10	212	255	5 : 1	1358
902 (hliník)	20	411	482	12 : 1	5773
902XSS (nerez)	20	411	482	12 : 1	5773
903 (hliník)	40	583	708	19 : 1	13443
903XSS (nerez)	40	583	708	19 : 1	13443
904 (hliník)	76	1633	2012	20 : 1	40186

Pro přiblížení hubice k pedálu bude potřeba dalšího přímočarého pneumomotoru s jednostranně vyvedenou pístnicí, ale tentokrát musí být zajištěno, aby nedošlo k protočení pístnice. Síla potřebná pro přiblížení bude minimální, a proto volím nejmenší možný průměr normovaného pístu a to 32 mm se zdvihem 50 mm. Specifikace tohoto prvku je v tabulce 10. K tomuto válci jako zabezpečení proti pootočení volím přídatné lineární vedení typu U s kluznými ložisky firmy Stránský a Petržík na Obr. 33.

Tabulka 10 - Specifikace pneumomotoru 6A

Typ	10201 60 00 032 0050
Průměr pístu	32 mm
Zdvih	50 mm
Průměr pístnice	12 mm
Pracovní tlak	0,6 MPa
Minimální tlak	0,1 MPa
Maximální tlak	1,0 MPa
Připojovací závit	G1/8"



Obr. 33 - Přídatné lineární vedení [29]

7.6 Kalibrování díry

Zvoli jsem si pneumatický vrtací automat s pneumatickým posuvem i rotačním pohybem SFC-1305 firmy Sugino. Tento prvek je označen jako 8A a jeho specifikace je v tabulce 11.

Tabulka 11 - Specifikace vrtacího automatu [27]

Specs.	Spindle speed (no load)	Drill chuck capacity	Max. drill size												Stroke		Thrust	Operating air pressure	Air consumption		Air inlet connectors		Weight
			1 spindle			2 spindles			3 spindles			4 spindles							No load	Max. load	Main air	Pilot air	
			Aluminum (ADC)	Cast Iron (FC200)	Carbon Steel (S45C)	Aluminum (ADC)	Cast Iron (FC200)	Carbon Steel (S45C)	Aluminum (ADC)	Cast Iron (FC200)	Carbon Steel (S45C)	Aluminum (ADC)	Cast Iron (FC200)	Carbon Steel (S45C)	mm	mm							
Model	min ⁻¹	mm	mm			mm			mm			mm			mm	mm	N	MPa	m ³ /min(ANR)	m ³ /min(ANR)	—	—	kg
SFC—1338	3,800	13	8	6,5	5	5	4	3	3	2,5	2	2	1,5	1	100	0~60	680	0.5 ^{+0.1} ₀	0.45	0.55	Rc 3/8 Hose I.D. φ 9mm or more	Rc 1/8 Hose I.D. φ 2,5mm or more	10
SFC—1325	3,000	13	10	8	6	6	5	4	4	3,5	3	3	2,5	2									
SFC—1311	1,100	13	12	10	8	7	6	5	5	4,5	4	4	3,5	3									
SFC—1305	700	13	14	12	10	8	7	6	7	6	5	5	4,5	4									

Note 1. Maximum capacity drill size will vary depending on input operating air pressure. (Operating air pressure : 0.5MPa)

2. Model selection should be done from the above chart, based on workpiece specifications, material hardness, diameter of hole and cutting speed.

3. To achieve maximum power, it is necessary for the spindle to progress forward 7mm or more.

4. When the hardness of the cemented carbide drill and tool shank is higher than that of a high speed steels, please contact our local distributor or subsidiary for detailed specifications.

7.7 Volba potrubí

Potrubí budu volit dle potřebného průtoku do pneumatických prvků. Průtok je nutné samozřejmě převést na průtok normálový. Ukázka výpočtu pro válec 1A2 je ve vzorcích (7.3) až (7.5). Dále využiji diagramu v grafu 2 z literatury [31], dle kterého zvolím potřebný vnitřní průměr potrubí. Délku všech hadic zvolím $L = 2$ m. Dle tohoto průměru vyberu z katalogu polyuretanových hadic, například firmy Stránský a Petržík, vhodný průměr hadice minimálně o něco větší než odečtený z grafu 2. Zvolené hadice jsou v tabulce 12. Tyto hadice dle výrobce vydrží tlak nejméně 0,9 MPa, takže s jejich použitím není problém. Pro výpočet minimálního průměru potrubí lze také použít vzorec (7.2) z literatury [30], ale pro vyšší průtoky vychází hodnoty průměru potrubí příliš vysoké a tudíž nerealné. [30] [29]

- Vnitřní průměr potrubí

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q_n}{v}} = 1,13 \sqrt{\frac{2,94 \cdot 10^{-4}}{20}} = 0,0043 \text{ m} = 4,3 \text{ mm} \quad (7.2)$$

v ... Rychlost proudění vzduchu v potrubí – volím dle [30] $v = 20 \text{ m.s}^{-1}$

d ... Vnitřní průměr potrubí

[30]

Příklad výpočtu průtoku pro výsuv válce 1A2:

- Objem pracovního prostoru

$$V = S \cdot H = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{4} \cdot 0,1 = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,126 \text{ dm}^3 \quad (7.3)$$

V ... Objem pracovního prostoru válce

S ... Plocha pístu

D ... Průměr pístu

H ... Zdvih

- Potřebný průtok

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0,126}{\frac{3}{60}} = 2,52 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 4,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.4)$$

Q ... Potřebný průtok

t ... Čas práce – volen u každého pneumomotoru zvlášť

- Normálový průtok při tlaku v pneumomotoru 0,6 MPa (teplota 20°C)

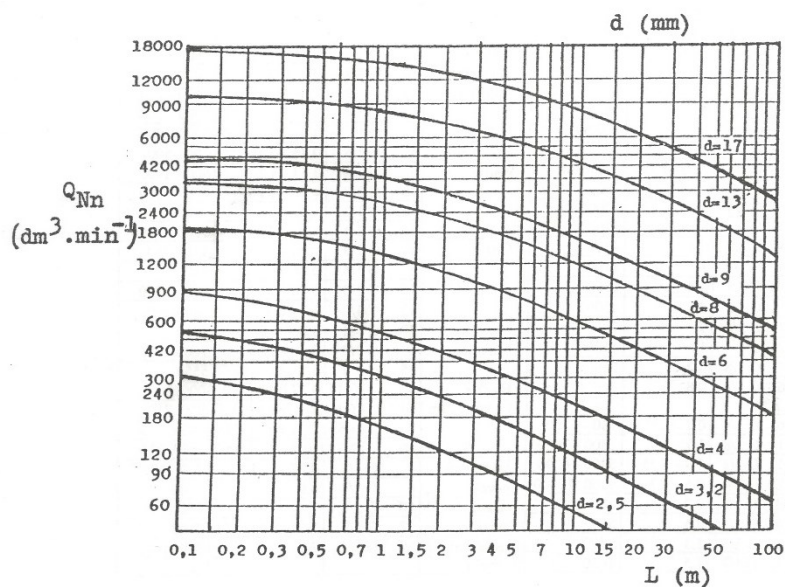
$$Q_n = \frac{p \cdot Q}{p_n} = \frac{(0,6 + 0,1) \cdot 2,52}{0,1} = 17,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 2,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (7.5)$$

Q_n ... Normálový průtok

p ... Pracovní tlak

p_n ... Atmosférický tlak

Graf 2 - Výpočtový diagram potrubí [31]



Tabulka 12 - Tabulka volby potrubí

Pneumomotor	Pohyb	Objem	Doba cyklu	Průtok	Normálový průtok	Potřebná světlost	Zvolené potrubí (vnitřní/vnější)
		dm ³		dm ³ min ⁻¹	dm ³ min ⁻¹	mm	mm
1A1	+	0,251	2	7,530	52,710	2,5	6/4
1A1	-	0,227	1	13,620	95,340	2,5	6/4
1A2	+	0,126	2	3,770	26,389	2,5	6/4
1A2	-	0,106	1	6,333	44,334	2,5	6/4
1A1 + 1A2	+	0,377	2	11,300	79,099	3,2	6/4
1A1 + 1A2	-	0,333	1	19,953	139,674	3,2	6/4
2A1, 2A2	+	1,227	2	36,816	257,709	4,0	10/8
2A1, 2A2	-	1,147	2	34,403	240,820	4,0	10/8
2A1 + 2A2	+	2,454	2	73,631	515,418	6,0	10/8
2A1 + 2A2	-	2,294	2	68,806	481,639	6,0	10/8
3A, 5A	+	0,121	2	3,619	25,334	2,5	6/4
3A, 5A	-	0,104	1	6,220	43,542	2,5	6/4
4A1, 4A2	+	0,468	2	14,028	98,193	2,5	8/6
4A1, 4A2	-	0,420	1	25,228	176,594	3,2	8/6
4A1 + 4A2	+	0,935	2	28,055	196,386	3,2	8/6
4A1 + 4A2	-	0,841	1	50,456	353,189	4,0	8/6
6A	+	0,040	1	2,413	16,889	2,5	6/4
6A	-	0,035	1	2,073	14,514	2,5	6/4
7A					583,000	6,0	10/8
8A řídicí							6/4
8A přívod					550,000	6,0	12/9

Pokud se jednalo o pneumomotory shodné, použil jsem výpočet jen jeden a následoval výpočet potrubí pro paralelní zapojení pohonů. Výpočty probíhaly pro oba směry pohybu. Pro automatickou vrtací jednotku jsem si volbu ulehčil, neboť dle tabulky 8, lze použít hadici o světlosti 9 mm a vyšší pro hlavní přívod a pro pilotní vstupy hadici o světlosti 2,5 mm. Volím tedy hadici 12/9 a 6/4. [31][29]

7.8 Řízení rychlosti

Každý přímočarý pneumomotor bude osazen škrťicím ventilem pro škrčení na výstupu. Je to prvek kombinující škrťicí ventil s paralelně zapojeným ventilem jednosměrným a je zobrazen na Obr. 34. Volil jsem prvek firmy Stránský a Petržík, který lze nastavit šroubovákem, aby obsluha nemohla mít možnost jednoduše systém přenastavit. Tento prvek se volí dle šroubení ve válci, do kterého je montován a dle potrubí, které bude připojeno. Tabulka 13 je tabulkou použitelných ventilů. Pro válce 2A1, 2A2 a 1A1 bude nutné použít zmenšující redukce.

[29]



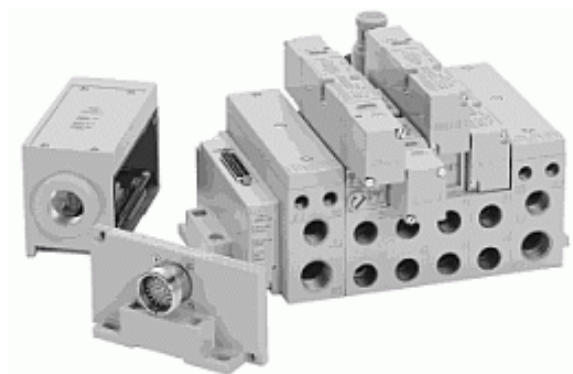
Obr. 34 - Škrťicí ventil s ventilem jednosměrným [29]

Tabulka 13 - Tabulka použitých ventilů

Ventil	Typ	Šroubení	Hadice
3V2, 3V3, 5V2, 5V3, 6V2, 6V3	N135C-006-000	G1/8"	6/4
1V2, 1V3, 1V4, 1V5	N135C-006-001	G1/4"	6/4
4V2, 4V3, 4V4, 4V5	N135C-008-002	G3/8"	8/6
2V2, 2V3, 2V4, 2V5	N135C-010-002	G3/8"	10/8

7.9 Řízení směru pohybu

Dle potřebného průtoku jsem zvolil modulární rozváděče firmy Stránský a Petržík řady 2012. Rozváděče lze montovat na základní desku pro skupinovou montáž. Náhled rozvaděčů je na Obr. 35. Elektrické signály se přivádí centrálně, pomocí vícepólového konektoru, nebo elektronickým řídicím systémem (BUS). Při tak velkém počtu magnetů by ruční zapojování bylo značně složité. Mezi desku a rozváděč je také možné montovat redukční ventil, což bude výhoda u lisování plastového pouzdra. Volit budu rozváděče 5/3 se střední polohou uzavřenou, s výjimkou transvectoru a vrtacího automatu. Jelikož u tohoto typu rozváděče není zapojení 3/2, volím pro oba prvky zapojení 5/2, s tím, že se výstupy uzavřou dle potřeby. V tabulce 14 jsou parametry rozváděčů. Zvolený průtok se zdá veliký, ale další nižší možný průtok u firmy Stránský a Petržík je $560 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$, což nepokryje transvector. Mohl bych sice vybrat rozváděč jiné firmy, ale v praxi chce většinou zadavatel pneumatiku od jednoho výrobce.



Obr. 35 – Rozváděče [29]

Tabulka 14 - Parametry rozváděčů [29]

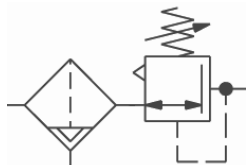
Řada	2012
Průtok [NI/min]	1200
Pracovní tlak [MPa]	vakuum až 1,0
Pracovní tlak pomocného ovládání [MPa]	0,18 až 0,82
Příkon standardní cívky [W/VA]	2,5 pro stejnosměrné napětí, 4,2 pro střídavé napětí
Čas odezvy při stejnosměrném napětí [ms]	10 při sepnutí, 20 při návratu pružinou
Čas odezvy při střídavém napětí [ms]	10 při sepnutí, 20 při návratu pružinou
Pracovní teplota [°C]	teplota média max. 50, okolí -20 až +50

7.10 Úprava stlačeného vzduchu

Maximální možný průtok do stroje bude ve chvíli vystružování teflonového pouzdra, kdy bude zároveň probíhat odsávání:

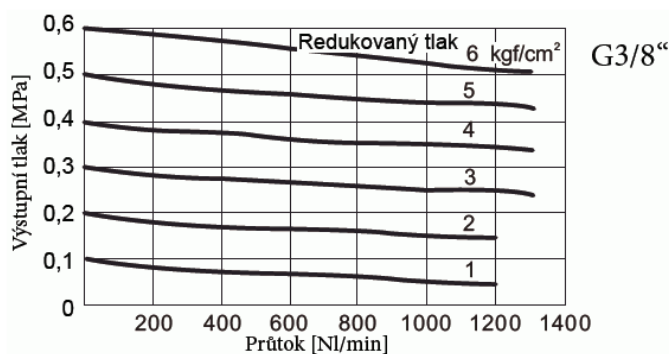
$$Q_{Nmax} = Q_{N7A} + Q_{N8A} = 550 + 583 = 1133 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (7.6)$$

Pro zvolené přímočaré pneumomotory, které nepřekročí rychlost vysouvání 1 ms^{-1} není třeba mazání. Mazání tedy bude potřeba pouze u pneumatického vrtacího automatu. Mazat tedy nebudu celý obvod, neboť by to zřejmě nemuselo být dobré pro transvector a navíc by docházelo ke zbytečným ztrátám oleje. Dle katalogů firmy Stránský a Petržík volím filtr s redukčním ventilem, tak jako na Obr. 36. Dle maximálního průtoku jsem vybral typ PMAFR300-ADBSP se závitem G3/8“ a automatickým vypouštěním kondenzátu, jehož specifické parametry jsou v tabulce 15 a průtoková charakteristika při 0,7 MPa v grafu 3. [29]



Obr. 36 – Filtr s redukčním ventilem [29]
Tabulka 15 – Specifikace PMAFR300-10ADBSP [29]

Velikost závitů	MAR300	
	G1/4"	G3/8"
Vstupní tlak [MPa]	0,05 až 0,99	
Výstupní tlak [MPa]	0,05 až 0,85	
Zkušební tlak [MPa]	1,5	
Filtrační vložka [μm]	5	
Pracovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]	-5 až +60	
Hmotnost [kg]	0,45	
Obsah balení	manometr, držák	



Graf 3 - Průtoková charakteristika PMAFR300-10ADBSP [29]

Jednotka filtruje na 5 μ m, což pro tento systém bude naprosto stačit.

Pro mazání pneumatického vrtacího automatu volím maznici Stránský a Petržík typ PMAL-300-10A-BSP. České zastoupení firmy dodávající vrtací automat semnou aktivně komunikovalo a dalo mi k dispozici katalogy, nic méně v žádném jsem přesnou hodnotu mazání nenašel. Pro správný chod stroje, bude třeba mazání nastavit dle zkušeností podle potřeby mazání rotačního motoru, který pneumatická vyvrtávací jednotka obsahuje.

7.11 Uzavírání obvodu

Dále před jednotku pro úpravu stlačeného vzduchu zařadím kulový ventil firmy Stránský a Petržík NKMI37-01 se závitem G3/8“, který je na Obr. 37 a vydrží tlak až 1,5 MPa.



Obr. 37 - Kulový ventil [29]

Za redukční ventil potom umístím přesuvný uzavírací ventil 3/2, který je vyobrazen na Obr. 38. Slouží k uzavření a bezpečnému odvzdušnění obvodu. Tento prvek musí být umístěn až za redukční ventil, neboť ten by nemusel tlak z obvodu uvolnit. Jedná se o ventil 2740 3200 1008 0800 firmy Stránský a Petržík.



Obr. 38 - Přesuvný uzavírací ventil 3/2 [29]

7.12 Regulace síly lisování teflonového pouzdra

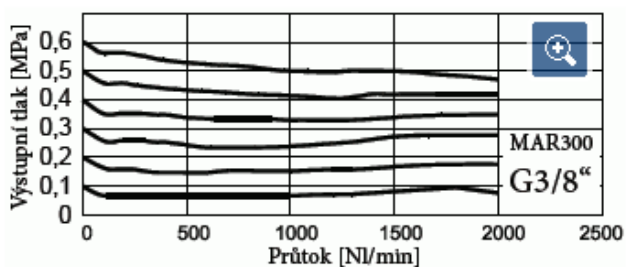
V podobných strojích, které sestavují pedály a lisují plastové pouzdro do trubky, jsou stejně velké pneumomotory a vyvozují velkou sílu, která namáhá konstrukci celého stroje. Z tohoto důvodu se před tyto válce zařazuje ještě jeden regulační ventil, který umožní doladit a tím pádem co nejvíce snížit výslednou sílu lisování. Dle potřebného průtoku pro oba válce volím regulátor tlaku dle katalogu Stránský a Petržík typ PMAR300-10A s přípojovacím závitem G3/8“, který je na Obr. 39, parametry jsou v tabulce 16 a průtoková charakteristika v grafu 4.



Obr. 39 - Regulátor tlaku [29]

Tabulka 16- Specifikace regulátoru tlaku [29]

Velikost závitů	MAR200	MAR300	MAR401			MAR500	
	G1/4"	G1/4" G3/8"	G1/4"	G3/8"	G1/2"	G3/4"	G1"
Vstupní tlak [MPa]	0,05 až 0,99	0,05 až 0,99	0,1 až 1,5			0,05 až 0,99	
Výstupní tlak [MPa]	0,05 až 0,85	0,05 až 0,85	0,1 až 0,85			0,05 až 0,85	
Zkušební tlak [MPa]	1,5	1,5	2,0			1,5	
Pracovní teplota [°C]	-5 až +60	-5 až +60	-5 až +60			-5 až +60	
Hmotnost [kg]	0,20	0,25	0,45			1,25	
Obsah balení	manometr, držák (tvar L)	manometr, držák (tvar L)	manometr, držák (tvar L)			manometr, držák (tvar L)	



Graf 4 – Průtoková charakteristika PMAR300-10A [29]

7.13 Elektronika

Systém celého stroje je elektropneumatický. Pneumatickou část jsem již vyřešil a zbývá doladit tu elektrickou. Rozváděče jsou ovládány elektromagnety a koncové polohy všech válců budou kontrolovat například KT-50P na Obr. 40, což jsou kompaktní PNP snímače polohy se signalizací sepnutí pomocí LED firmy Stránský a Petržík. Snímače lze samozřejmě připevnit na válce dle ISO 15552. [29]



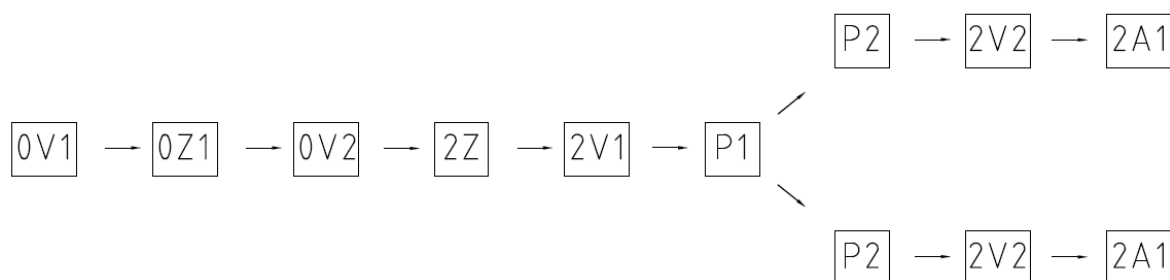
Obr. 40 - PNP snímač polohy [29]

Celý systém bude řídit PLC. Programovatelný automat by měl mít alespoň 22 vstupů (20 koncových snímačů, tlačítko start a optická brána) a alespoň 14 výstupů. Vzhledem k tomu, že se jedná o automotive průmysl a byla by použita FMEA, tak by PLC měl být napojen na síť, která by sbírala informace, a ty by se ukládaly. Dále by měl být systém doplněn o řadu čidel, hlídajících správné vložení prvků a provedení operací, včetně například kamer.

Program pro PLC jsem vytvořil v STL jazyce a je v Příloze D - Zápis programu pro PLC. V Příloze J - Program tlačítka STOP, je podpůrný program, který umožní zastavit celý systém při zmáčknutí tlačítka STOP, nebo například v případě aktivace optické brány. Správné naprogramování PLC a funkčnost systému jsem ověřoval v kapitole 8 této práce.

7.14 Kontrolní výpočet průtokové propustnosti

Pro pohon zalisování plastových pouzder zkusím využít výpočet průtokové propustnosti pomocí ekvivalentního součinitele průtoku dle literatury [31]. Schéma řazení pneumatických prvků, které budou vytvářet odpor je na Obr. 41 a v tabulce 17 jsou vybrané hodnoty jmenovitého průtoku potřebných prvků.



Obr. 41 - Schéma odporů průtoku
Tabulka 17 - Hodnoty vybraných jmenovitých průtoků [31]

Prvek	Šroubení	Q_{Nn} [dm ³ .min ⁻¹]
0V1	G 3/8"	1800
0Z1	G 3/8"	1600
0V2	G 3/8"	1500
2Z	G 3/8"	1000
2V1		560
P1, P2, P3	8 mm	1150
2V1, 2V4	G 3/8"	1200

Ekvivalentní náhradní průtok pro sériovou větev P2 až 2A1 spočítám dle vzorce:

$$Q_{NneP2-2A1} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{a=1}^i \frac{1}{Q_{Nn}^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1150^2} + \frac{1}{1200^2}}} = 830,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} \quad (7.7)$$

Celkový ekvivalentní průtok:

$$\begin{aligned} Q_{Nne} &= \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{1800^2} + \frac{1}{1600^2} + \frac{1}{1500^2} + \frac{1}{1000^2} + \frac{1}{1200^2} + \frac{1}{1150^2} + \frac{1}{830,3^2}}} \\ &= 445,2 \, dm^3 \cdot min^{-1} \end{aligned} \quad (7.8)$$

Kontrola:

$$\begin{aligned} Q_{Nne} &\geq Q_N \\ 445,2 &\geq 257,7 \end{aligned} \quad (7.9)$$

Podmínka splněna, dimenzování prvků vyhovuje a propustnost větve je dostatečně velká.

[31]

8 Praktické ověření funkce

Navržený elektropneumatický systém, budu muset upravit, neboť malý programovatelný automat firmy Festo FEC 20, kterým disponujeme ve školní laboratoři, nemá dostatek vstupů a výstupů. Celkový potřebný počet 22 vstupů a 14 výstupů budu muset omezit na školních 12 vstupů a 8 výstupů.

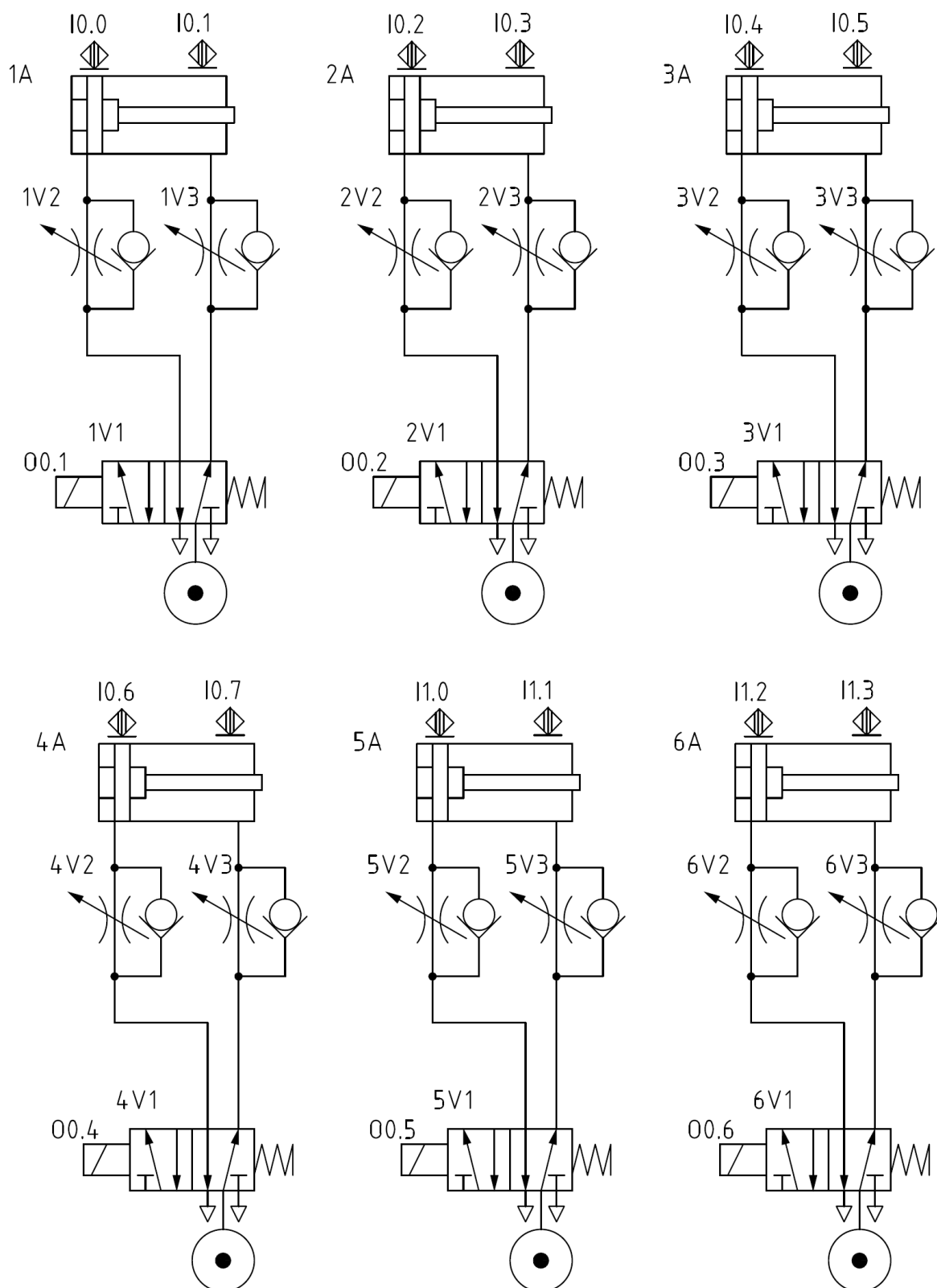
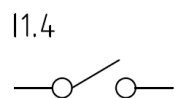
Omezení vstupů:

- Pneumatické přímočaré motory, které vykonávají svůj pohyb paralelně, nahradím pneumomotorem jedním.
- Jelikož se při lisování plastových pouzder a pouzder teflonových provádí stejný pohyb, byť v jiném čase, použiji jeden válec v laboratoři dvakrát.
- Místo pneumatického vrtacího stroje, použiji obyčejný přímočarý pneumomotor.
- Transvector funguje paralelně s jeho přisouváním, takže jej řešit nebudu.
- Startovací tlačítko zapojím sériově na signál prvního válce, takže opět jeden vstup ušetřím.

Omezení výstupů:

- Jeden výstup je ušetřen splynutím lisovacích funkcí.
- Další výstupy jsou ušetřeny, neboť jsem neřešil ovládací rozváděč vrtacího stroje.
- Neřeším ovládání transvectoru.
- Zbylé výstupy jsou ušetřeny, neboť v laboratořích nedisponujeme rozváděči 5/3, ale pouze 5/2, takže se výsledný počet výstupů sníží na polovinu, díky absenci druhého magnetu, který je nahrazen pružinou.

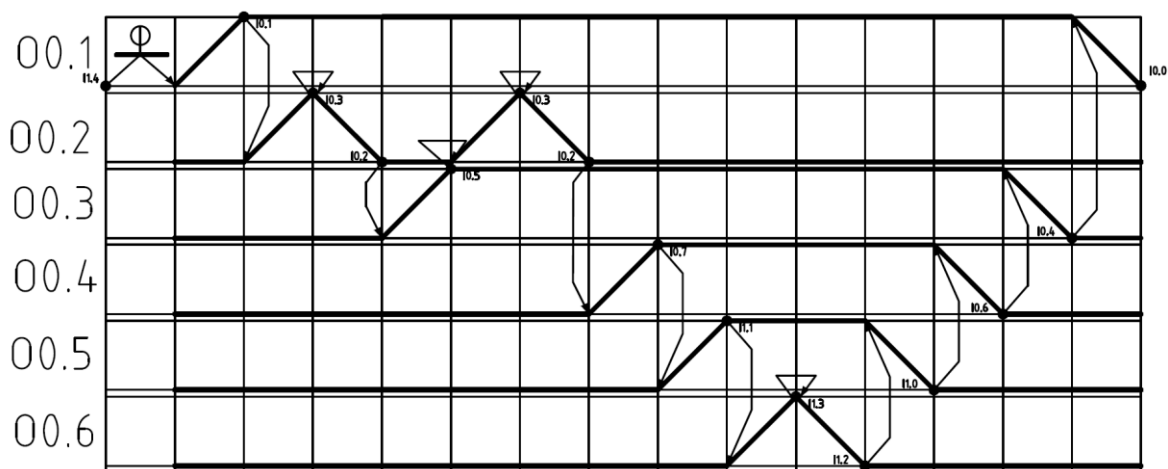
Zjednodušené schéma je v Obr. 42, popis prvků obvodu v tabulce 18 a pracovní diagram na Obr. 43. Pomocí STL jazyka jsem PLC naprogramoval pro požadované pohyby.



Obr. 42 - Zjednodušené schéma

Tabulka 18 - Korekce prvků

Prvek	Funkce	Původní prvek
1A	upnutí	1A1 a 1A2
2A	lisování	Nejdříve 2A1 a 2A2 poté 4A1 a 4A2
3A	posuv 1	3A
4A	posuv 2	5A
5A	odsávání	6A a 7A
6A	vystružení	8A
I1.2	Startovací tlačítko	



Obr. 43 - Zjednodušený diagram

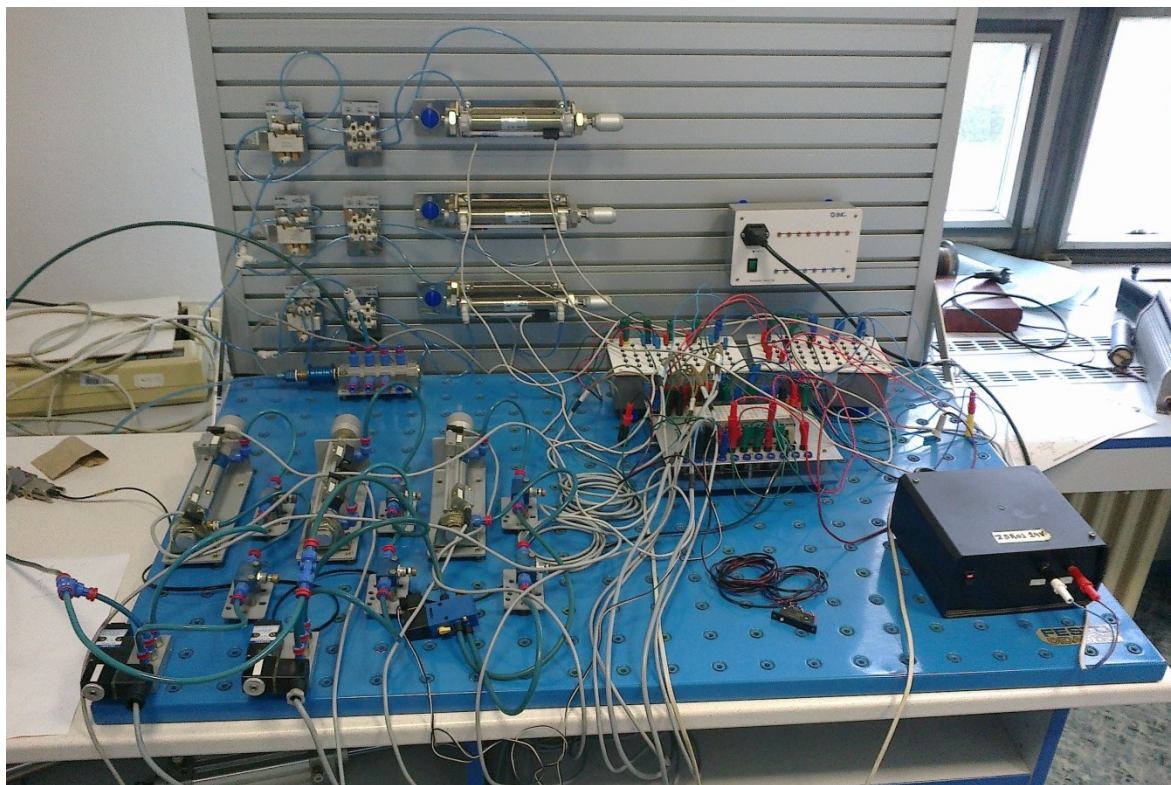
Postup programování PLC probíhá v těchto krocích:

- Napsání programu v jakémkoli PC (v textovém editoru)
- Přehraní textového dokumentu do PC napojeného na PLC FEC20
- Spuštění programu FST jako FEC Compact
- Vytvoření projektu a přepísování textu z textového editoru
- Spuštění projektu a kontrola chybových hlášení jako je to na obrázku 43
- Přehraní programu do FEC20 (Online – Download project)

Zápis programu je v Příloze E- Zápis zjednodušeného programu pro školní PLC. Z důvodů nedostatku vstupů, není v programu zapsáno startovací tlačítko I1.4. To je ale připojeno sériově na vstup I0.0, takže jako startovací tlačítko funguje. Podpůrný program P3 pro funkci STOP je v Příloze J - Program tlačítka STOP.

Obvod jsem složil pomocí prvků SMC a Festo a náhled složeného obvodu je na Obr. 44. Všechny válce byly osazeny čidly koncových poloh typu PNP.

Jelikož jsem neměl k dispozici rozváděče 5/3, tlačítko STOP, nebo taky optická brána by v tomto případě neměla moc velké opodstatnění, ale přesto jsem STOP funkci vyřešil podpůrným programem a jeho funkci odzkoušel.



Obr. 44 - Náhled simulace obvodu

9 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout Montážní zařízení podsestavy brzdového pedálu. Byl proveden průzkum trhu s pedály a vyhodnocení jaký pedál tento stroj bude skládat. Zabýval jsem se také popisem metody plánování jakosti FMEA, které jsem bohužel nedostal k dispozici a tudíž jsem se těmito záležitostmi dále nemohl zabývat. Ještě než jsem přistoupil k samotnému navrhování stroje, zjišťoval jsem možné uspořádání pracoviště tohoto stroje. Montážní zařízení podsestavy brzdového pedálu by mělo být součástí skupinového předmětného uspořádání, neboť to seskupuje technologicky odlišná pracoviště určených k výrobě technologicky podobných výrobků. Jednalo by se tedy o součást výrobní linky, ve které práce na jednotlivých pracovištích navazuje. Jelikož přesné rozměry a součásti brzdového pedálu patří k interním informacím firem, které se výrobou pedálů zabývají, musel jsem si brzdový pedál navrhnout sám a věnoval jsem tomu celou kapitolu. Vytvořil jsem také výrobní výkresy svařované části. Vycházel jsem z praxe a vybral jsem si ocelový-svařovaný pedál, jehož součásti jsou plastová kluzná pouzdra a kluzné pouzdro teflonové. V další fázi této práce jsem vymýšlel technologický postup skládání brzdového pedálu do podsestavy. V základu jsem vycházel ze strojů, které již fungují a měl jsem možnost jejich činnost shlédnout. Na technologický postup úzce navazuje výběr pneumatických prvků. Kromě řady přímočarých pneumomotorů a ventilů, jsem měl možnost také úzce pracovat se složitějšími prvky jako vzduchový transvector, který jsem použil pro odvod třísek po vystružování plastových pouzder, a pneumatický vrtací automat, jenž bude provádět právě vystružování. Celý funkční systém montážního zařízení podsestavy brzdového pedálu je pneumatický a řídí jej elektronika pomocí PLC. Jedná se tedy o elektropneumatický systém. V závěru práce jsem se tudíž zabýval programováním PLC pomocí STL jazyka a v laboratoři jsem prakticky ověřil jeho funkčnost. Všechny tyto kroky včetně vypracování dispozičního výkresu vedly ke splnění veškerých stanovených cílů diplomové práce.

10 Seznam použité literatury:

- [1] Production statistics. *OICA* [online]. 2007 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://oica.net/>
- [2] *SAP - Sdružení automobilového průmyslu* [online]. (c) 2002, 15.1.2013 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.autosap.cz/default2.asp?page={BB4C3B3E-B6BE-4AFB-8BF3-B0D38E531DE7}>
- [3] Automotive systems - products - Pedal boxes - BATZ. *BATZ* [online]. (c) 2011 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.batz.com/automotive-systems/products/pedal-boxes.php>
- [4] Pedals. *Pmdraceproducts* [online]. (c)2013 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.pmdraceproducts.com/brakesclutchpedalspedalasansemblies/>
- [5] Pedals. *Wilwood* [online]. © 2013 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.wilwood.com/Pedals/PedalList.aspx>
- [6] Trelleborg becomes first-time WIT user for new plastic brake pedal. In: *PlasticsToday.com* [online]. 29.11.2010 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.plasticstoday.com/mpw/articles/trelleborg-becomes-first-time-wit-user-new-plastic-brake-pedal>
- [7] *FMEA – Failure Mode and Effect Analysis* [online]. 18.6.2010 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: http://www.pqm.cz/NVCSS/met_PDF/FMEA_webcss.pdf
- [8] KOUKOLSKÝ, Mikuláš. *FMEA - Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků* [online]. 30.5.2012 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: http://k616.fd.cvut.cz/vyuka/mgr/16PDP/prednasky/12a_FMEA_Koukolsky_120530.pdf
- [9] ŠKULAVÍKOVÁ, Jana. *Aplikace metody FMEA při výrobě nákladních automobilů* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <https://dspace.vsb.cz/handle/10084/87704>. Diplomová práce. vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [10] Rozmístění pracovišť. LORENC, Miroslav. *LORENC.INFO* [online]. © 2007–2013 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://lorenc.info/3MA112/rozmisteni-pracovist.htm>
- [11] BEM 12. *Suhner-automation-expert.com* [online]. [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: http://www.suhner-automation-expert.com/site/index.cfm?id_art=6938&vsprache=EN

- [12] 2. Zesilovače proudu vzduchu Transvector. *Lontech: Statická elektřina* [online]. [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: http://www.lontech.cz/files/zesilovace_proudu_vzduchu_transvector/round_transvector_-_specifikace.pdf
- [13] Braking System how braking system works in automobiles. *Skspark: Youth Kingdom for Youth* [online]. © 2013 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://www.skspark.com/braking-system-in-automobiles>
- [14] Auto Parts Bushing. *Alibaba.com* [online]. © 1999-2013 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: http://www.alibaba.com/product-gs/362177923/auto_parts_bushing.html?s=p
- [15] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [16] General Description - Bushings. AST BEARINGS LLC. *Http://www.astbearings.com* [online]. 2012 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: http://files.catalogds.com/domains/ast/pdf/ENB-04-0649.pdf?__utma=164670304.1321740650.1365513256.1365522228.1365525079.3&__utmb=164670304.11.8.1365525439306&__utmc=164670304&__utmz=164670304.1365513256.1.1.utmcsr=%28direct%29|utmccn=%28direct%29|utmcmd=%28none%29&__utmv=-&__utmk=13443383
- [17] ATSEPBF 1517-20: Category: ASTEPB Injection Molded Thermoplastic Series - Metric. AST BEARINGS LLC. *Http://www.astbearings.com* [online]. 2012 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: http://www.astbearings.com/product.html?product=ASTEPBF_1517-20
- [18] Bushing Tolerances. AST BEARINGS LLC. *http://www.astbearings.com* [online]. 2012 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: http://files.catalogds.com/domains/ast/pdf/ENB-04-0651.pdf?__utma=164670304.1321740650.1365513256.1365522228.1365525079.3&__utmb=164670304.32.8.1365526773144&__utmc=164670304&__utmz=164670304.1365513256.1.1.utmcsr=%28direct%29|utmccn=%28direct%29|utmcmd=%28none%29&__utmv=-&__utmk=51267113

- [19] Bushing Fiting and Mounting. AST BEARINGS LLC. <http://www.astbearings.com> [online]. 2012 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: http://files.catalogds.com/domains/ast/pdf/ENB-04-0654.pdf?__utma=164670304.1321740650.1365513256.1365522228.1365525079.3&__utmb=164670304.35.8.1365526885309&__utmc=164670304&__utmz=164670304.1365513256.1.1.utmcsr=%28direct%29|utmccn=%28direct%29|utmcmd=%28none%29&__utmv=-&__utmk=209470866
- [20] IGUS. *Igus: plastics for longer life* [online]. 2013 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.igus.cz/default.asp?c=cz&L=cs>
- [21] Item # MB10129-FTH, FTH - Self-Lubricating Flanged Buhsings- Metric Sizes. DAEMAR INC. <Http://daemar.com/> [online]. 2011 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://catalog.daemar.com/item/th-self-lubricating-bushings-lead-free-/fth-self-lubricating-bearings-metric-sizes/mb10129-fth?>
- [22] Installation Guide. DAEMAR INC. *Daemar.com* [online]. 2011 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://catalog.daemar.com/Asset/Installation-Guide.pdf>
- [23] FIEDOR, Pavel. *NÁVRH LISOVACÍHO NÁSTROJE PRO VÝROBU VÁLCOVÉHO POUZDRA*. Brno, 2011. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/15501/2011_BP_Fiedor_Pavel_115365.pdf?sequence=2. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce doc. Ing. MILAN DVOŘÁK, CSc.
- [24] HIWIN S.R.O. *Hiwin s.r.o.: Lineární technika, vedení, motory, pohony, kuličkové šrouby* [online]. 2005-2009 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.hiwin.cz/cs/linearni-vedeni/catalog.html?id=6>
- [25] KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training: Slačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o., 2.vydání, 344 s.
- [26] *SPECKEN-DRUMAG* [online]. 1998-2012 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://specken-drumag.de/>
- [27] SUGINO MACHINE LIMITED. *Sugino Machine CNC obrábění* [online]. © 2009 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: <http://www.sugino.cz/>
- [28] KOPÁČEK, Jaroslav a Miloslav ŽÁČEK. *Pneumatická zařízení strojů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008, 94 s. ISBN 978-80-248-0442-2.
- [29] STRÁNSKÝ A PETRŽÍK, Pneumatické válce spol. s r.o. *Stránský a Petržík* [online]. Copyright © 2013 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: <http://www.stranskyapetrzik.cz/>

- [30] KOPÁČEK, Jaroslav a Bohuslav PAVLOK. *Tekutinové mechanismy*. 2. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009, 151 s. ISBN 978-80-248-0856-7.
- [31] KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy : D1. Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2010. 265 s. ISBN 978-80-248-0879-6.
- [32] KOPÁČEK, Jaroslav a Miloslav ŽÁČEK. *Cvičení z řízení pneumatických systémů*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0692-4.

11 Seznam obrázků:

Obr. 1 - Brzdový systém [13].....	11
Obr. 2 - Plastový pedál [6]	13
Obr. 3 - Hliníkový pedál [5].....	13
Obr. 4 – Ocelový - lisovaný pedál [3].....	14
Obr. 5 - Ocelový – svařovaný pedál.....	14
Obr. 6 - Schéma pracoviště	19
Obr. 7 - Ukázka pedálu	21
Obr. 8 - Náčrt svařence brzdového pedálu.....	22
Obr. 9 - Tělo pedálu	22
Obr. 10 - Nášlapka	23
Obr. 11 - Trubka.....	23
Obr. 12 - Plastové pouzdro [16].....	24
Obr. 13 - Rozměry plastového pouzdra [17].....	25
Obr. 14 - Teflonové pouzdro.....	26
Obr. 15 - Rozměry teflonového pouzdra [21].....	26
Obr. 16 - Vložení do přípravku	27
Obr. 17 - Vložení plastových pouzder	27
Obr. 18 - Vložení teflonového pouzdra.....	28
Obr. 19 - Upnutí	28
Obr. 20 - Příprava pro lisování plastového pouzdra.....	30
Obr. 21 – Kolejnice [24]	30
Obr. 22 - Přírubový vozík [24].....	30
Obr. 23 - Lisování teflonového pouzdra [22].....	32
Obr. 24 - Rozlisování teflonového pouzdra	32
Obr. 25 - Pneumo-hydraulický systém [26].....	34
Obr. 26 - Využití hydraulické brzdy [27].....	34
Obr. 27 - Vrtací stroj [11].....	34
Obr. 28 - Pneumatický vrtací stroj [27].....	35
Obr. 29 – Transvector [12].....	35
Obr. 30- Patka [29].....	38
Obr. 31 - Středová objímka [29]	38
Obr. 32 - Vidlice na pístní tyč [29]	39
Obr. 33 - Přídavné lineární vedení [29].....	41

Obr. 34 - Škrtící ventil s ventilem jednosměrným [29].....	45
Obr. 35 – Rozváděče [29]	46
Obr. 36 – Filtř s redukčním ventilem [29]	47
Obr. 37 - Kulový ventil [29].....	48
Obr. 38 - Přesuvný uzavírací ventil 3/2 [29].....	48
Obr. 39 - Regulátor tlaku [29].....	49
Obr. 40 - PNP snímač polohy [29].....	50
Obr. 41 - Schéma odporů průtoku.....	51
Obr. 42 - Zjednodušené schéma.....	54
Obr. 43 - Zjednodušený diagram.....	55
Obr. 44 - Náhled simulace obvodu.....	56

12 Seznam tabulek:

Tabulka 1 - Rozměry plastového pouzdra [17].....	25
Tabulka 2 - Rozměry teflonového pouzdra [21]	26
Tabulka 3 - Lisovací síla teflonového pouzdra [22]	31
Tabulka 4 - Specifikace pneumomotoru 1A1[29].....	38
Tabulka 5 - Specifikace pneumomotoru 1A2	38
Tabulka 6 - Specifikace pneumomotoru 2A1 a 2A2.....	39
Tabulka 7 - Specifikace pneumomotoru 4A1 a 4A2.....	40
Tabulka 8 – Specifikace pneumomotoru 3A a 5A	40
Tabulka 9 - Specifikace transvectoru [12]	41
Tabulka 10 - Specifikace pneumomotoru 6A	41
Tabulka 11 - Specifikace vrtacího automatu [27]	42
Tabulka 12 - Tabulka volby potrubí.....	44
Tabulka 13 - Tabulka použitých ventilů	45
Tabulka 14 - Parametry rozváděčů [29].....	46
Tabulka 15 – Specifikace PMAFR300-10ADBSP [29].....	47
Tabulka 16- Specifikace regulátoru tlaku [29].....	49
Tabulka 17 - Hodnoty vybraných jmenovitých průtoků [31]	51
Tabulka 18 - Korekce prvků.....	55

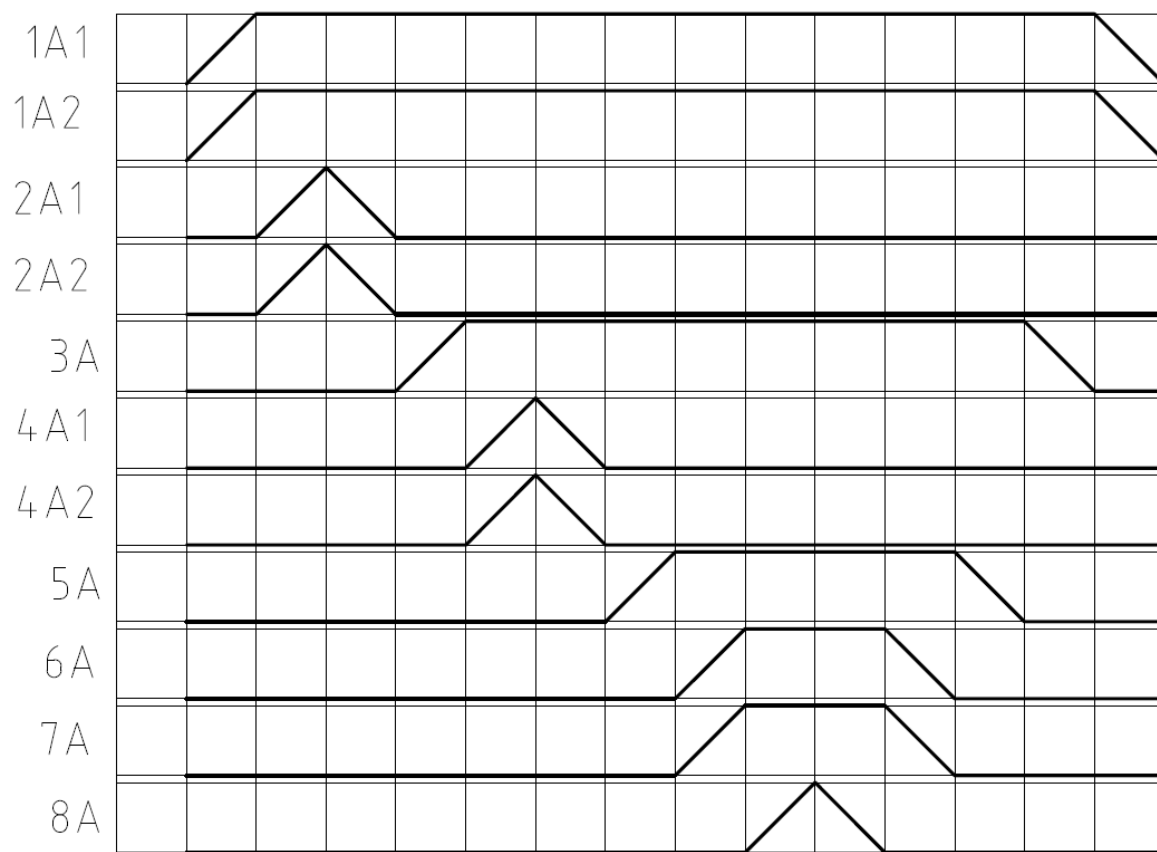
13 Seznam grafů:

Graf 1 - Lisovací síly plastových pouzder [19].....	29
Graf 2 - Výpočtový diagram potrubí [31]	43
Graf 3 - Průtoková charakteristika PMAFR300-10ADBSP [29].....	47
Graf 4 – Průtoková charakteristika PMAR300-10A [29]	49

14 Seznam příloh:

Příloha A	- Výkres obvodového schématu: HYD-KUB-02
Příloha B	- Dispoziční výkres zařízení: HYD-KUB-02.00
Příloha C	- Pracovní diagram
Příloha D	- Zápis programu pro PLC
Příloha E	- Zápis zjednodušeného programu pro školní PLC
Příloha F	- Výrobní výkres těla pedálu: HYD-KUB-02.01.01
Příloha G	- Výrobní výkres trubky pedálu: HYD-KUB-02.01.02
Příloha H	- Výrobní výkres nášlapky pedálu: HYD-KUB-02.01.03
Příloha I	- Výkres svařence brzdového pedálu: HYD-KUB-02.01
Příloha J	- Program tlačítka STOP

PŘÍLOHA C - Pracovní diagram



PŘÍLOHA D - Zápis programu pro PLC

STEP 1

IF I0.0	Aktivní tlačítko START	
AND I0.1	Pneumomotor 1A1 zasunut	
AND I0.3	Pneumomotor 1A2 zasunut	
AND I0.5	Pneumomotor 2A1 zasunut	
AND I0.7	Pneumomotor 2A2 zasunut	
AND I0.9	Pneumomotor 3A zasunut	
AND I1.1	Pneumomotor 4A1 zasunut	
AND I1.3	Pneumomotor 4A2 zasunut	
AND I1.5	Pneumomotor 5A zasunut	
AND I1.7	Pneumomotor 6A zasunut	
AND I1.9	Vrtací automat zasunut	
THEN SET O0.0	Vysunutí 1A1 a 1A2	Upnutí svařence
RESET P3	Vynulování stopovacího programu	
SET P3	Zapnutí stopovacího programu	

STEP 2

IF I0.2	Pneumomotor 1A1 vysunut	
AND I0.4	Pneumomotor 1A2 vysunut	
THEN SET O0.2	Vysunutí 2A1 a 2A2	Lisování plastového pouzdra

STEP 3

IF I0.6	Pneumomotor 2A1 vysunut	
AND I0.8	Pneumomotor 2A2 vysunut	
THEN SET O0.3	Zasunutí 2A1 a 2A2	
RESET O0.2	Deaktivace magnetu O0.2	

STEP 4

IF I0.5	Pneumomotor 2A1 zasunut	
AND I0.7	Pneumomotor 2A2 zasunut	
THEN SET O0.4	Vysunutí 3A	Posun 1

STEP 5

IF I1.0	Pneumomotor 3A vysunut	
THEN SET O0.6	Výsunutí 4A1 a 4A2	Lisování teflonového pouzdra

STEP 6

IF I1.2	Pneumomotor 4A1 vysunut	
AND I1.4	Pneumomotor 4A2 vysunut	
THEN SET O0.7	Zasunutí 4A1 a 4A2	
RESET O0.6	Deaktivace magnetu O0.6	

STEP 7

IF I1.1	Pneumomotor 4A1 zasunut	
AND I1.3	Pneumomotor 4A2 zasunut	
THEN SET O0.8	Vysunutí 5A	Posun 2

STEP 8

IF I1.6	Pneumomotor 5A vysunut	
THEN SET O1.0	Vysunutí 6A	Odsávání
SET O1.2	Spuštění transvectoru	

STEP 9

IF I1.8	Pneumomotor 6A vysunut	
---------	------------------------	--

THEN SET O1.3	Spuštění vrtacího automatu	Vystružování
STEP 10		
IF I2.0	Přestružení	
THEN RESET O1.3	Zastavení vrtacího automatu	Vrácení do startovací polohy
STEP 11		
IF I1.9	Vrácení vrtacího automatu	
THEN RESET O1.2	Vypnutí transvectoru	
SET O1.1	Zasunutí 6A	
RESET O1.0	Deaktivace magnetu O1.0	
STEP 12		
IF I1.7	Pneumomotor 6A zasunut	
THEN SET O0.9	Zasunutí 5A	
RESET O0.8	Deaktivace magnetu O0.8	
RESET O1.1	Deaktivace magnetu O1.1	
STEP 13		
IF I1.5	Pneumomotor 5A zasunut	
THEN SET O0.5	Zasunutí 3A	
RESET O0.4	Deaktivace magnetu O0.4	
RESET O0.9	Deaktivace magnetu O0.9	
STEP 14		
IF I0.9	Pneumomotor 3A zasunut	
THEN SET O0.1	Zasunutí 1A1 a 1A2	
RESET O0.0	Deaktivace magnetu O0.0	
RESET O0.5	Deaktivace magnetu O0.5	
STEP 15		
IF I0.1	Pneumomotor 1A1 zasunut	
AND I0.3	Pneumomotor 1A2 zasunut	
RESET O0.1	Deaktivace magnetu O0.1	
STEP 16		
IF I0.1	Pneumomotor 1A1 zasunut	
AND I0.3	Pneumomotor 1A2 zasunut	
AND I0.5	Pneumomotor 2A1 zasunut	
AND I0.7	Pneumomotor 2A2 zasunut	
AND I0.9	Pneumomotor 3A zasunut	
AND I1.1	Pneumomotor 4A1 zasunut	
AND I1.3	Pneumomotor 4A2 zasunut	
AND I1.5	Pneumomotor 5A zasunut	
AND I1.7	Pneumomotor 6A zasunut	
AND I1.9	Vrtací automat zasunut	
THEN JMP TO 1	Vrácení ke kroku 1.	

PŘÍLOHA E - Zápis zjednodušeného programu pro školní PLC

```
STEP 1
IF I0.0
AND I0.2
AND I0.4
AND I0.6
AND I1.0
AND I1.2
THEN SET O0.1
RESET P3
SET P3
STEP 2
IF I0.1
THEN SET O0.2
STEP 3
IF I0.3
THEN RESET O0.2
STEP 4
IF I0.2
THEN SET O0.3
STEP 5
IF I0.5
THEN SET O0.2
STEP 6
IF I0.3
THEN RESET O0.2
STEP 7
IF I0.2
THEN SET O0.4
STEP 8
IF I0.7
THEN SET O0.5
STEP 9
IF I1.1
THEN SET O0.6
STEP 10
IF I1.3
THEN RESET O0.6
STEP 11
IF I1.2
THEN RESET O0.5
STEP 12
IF I1.0
THEN RESET O0.4
STEP 13
IF I0.6
```

THEN RESET O0.3

STEP 14

IF I0.4

THEN RESET O0.1

STEP 15

IF I0.0

THEN JMP TO 1

A

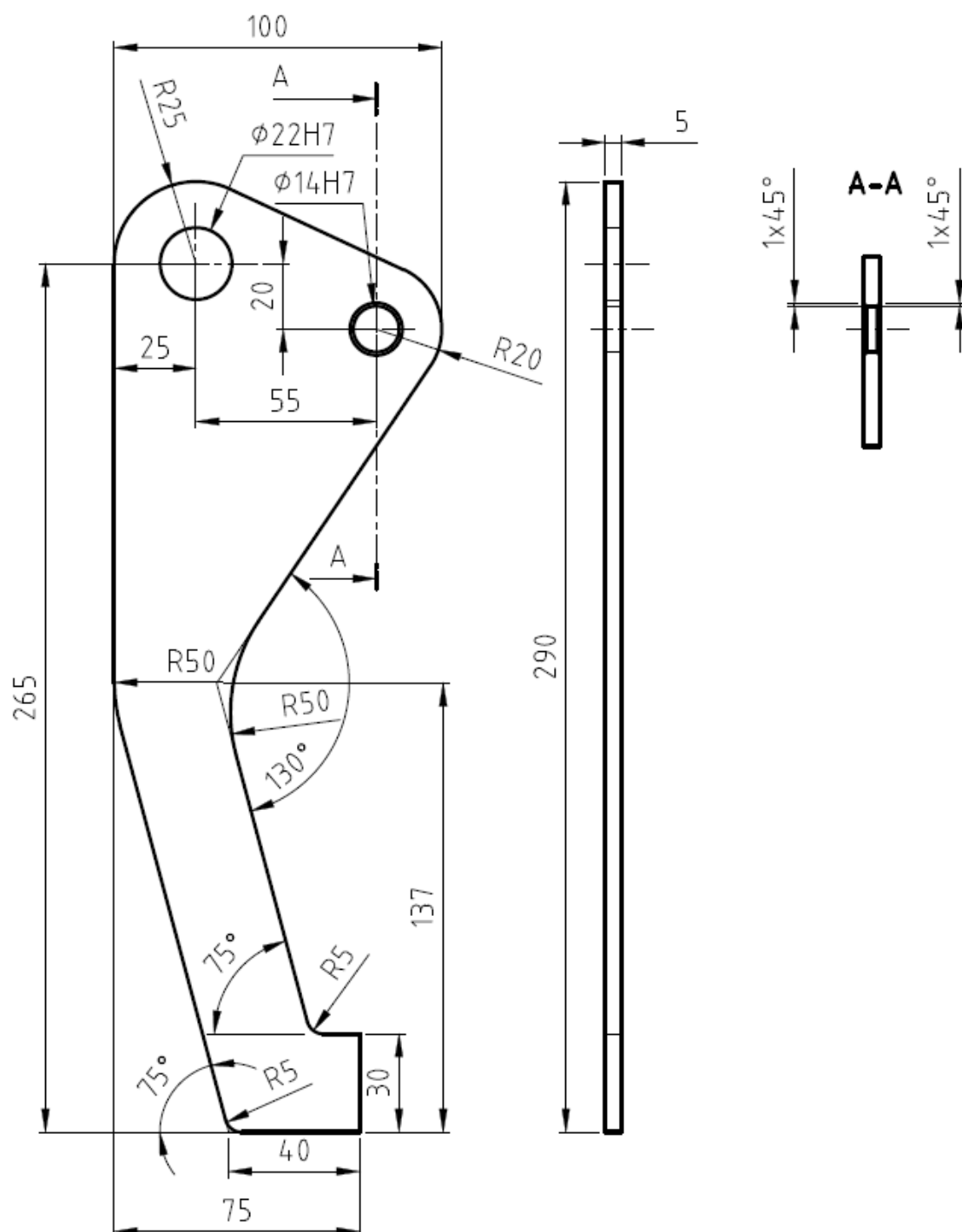
B



C

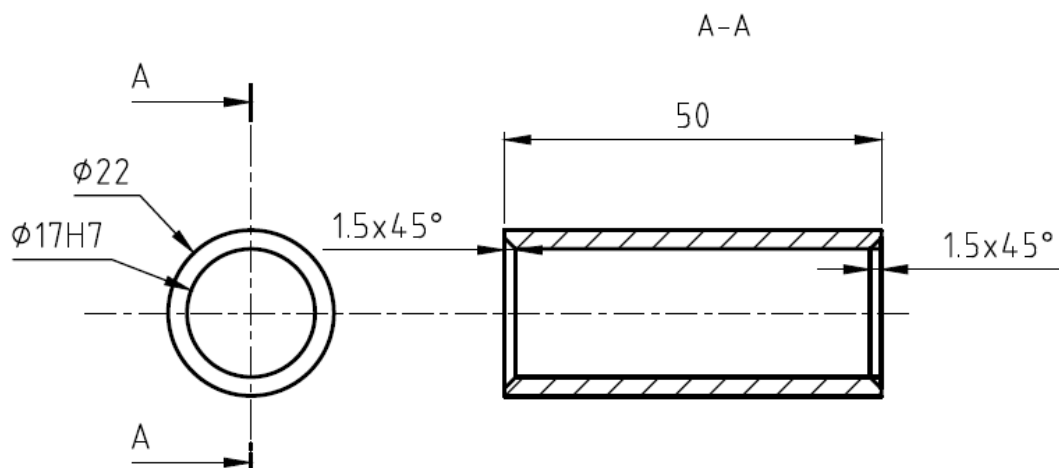
D

E

F



				Materiál	11 523	Tř. odpadu	007	Měřítka	1:2	Přesnost	ISO 2768 - mK
				Položovar	P5 ČSN 42 5310			Promítání		Tolerování	ISO 8015
				Čistá hmotnost	Hrubá hmotnost						
Index	Popis změny		Dne	Podpisy							
Oddělení KATEDRA 338		Technický referent	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		Status dokumentu	Soubor	Č. sestavy HYD-KUB-02.01		Č. seznamu položek		
VŠB-TUO 		Kreslil T.KUBALA	Název, doplňující název TELO PEDÁLU				Č. dokumentu HYD-KUB-02.01.01				
Přezkoušel						Změna	Datum vydání 14.5.2013	Jazyk cz	Formát A4	List 1	



✓ Ra 3,2

				Materiál	11 523	Tř. odpadu	007	Měřítko	Přesnost	
				Polotovary	TR Ø 22 x 2,9 ČSN 42 5715.01			1:1	ISO 2768 - mK	
				Čistá hmotnost	Hrubá hmotnost			Promítání	Tolerování	
									ISO 8015	
Index	Popis změny	Dne	Podpisy							
Oddělení	Technický referent	Druh dokumentu	Status dokumentu	Soubor	Č. sestavy		Č. seznamu položek			
KATEDRA 338		VÝROBNÍ VÝKRES			HYD-KUB-02.01					
VŠB-TUO	Kreslil	Název, doplňující název	TRUBKA PEDÁLU			Č. dokumentu				
	T. KUBALA					HYD-KUB-02.01.02				
	Přezkoušel					Změna	Datum vydání	Jazyk	Formát	List
							14.5.2013	cz	A4	1

1

2

3

4

A

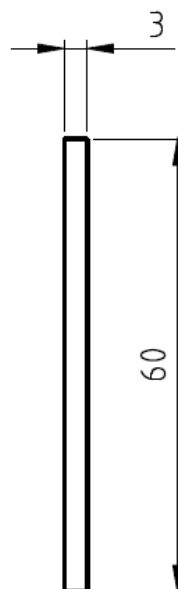
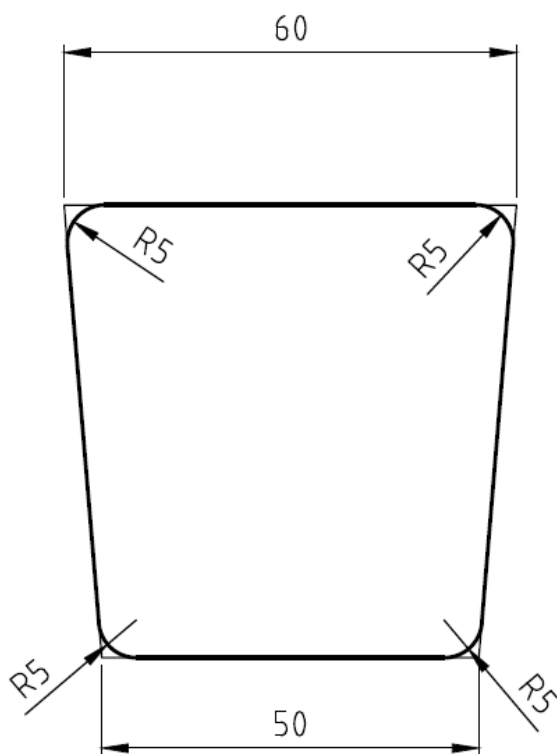
B

C

D

E

F

 $\sqrt{Ra\ 3,2}$

				Materiál	11 523	Tř. odpadu	007	Měřítko	1:1	Přesnost	ISO 2768 - mK
				Polotovar	P3 ČSN 42 5310			Promítání		Tolerování	ISO 8015
				Čistá hmotnost	Hrubá hmotnost						
Index	Popis změny		Dne	Podpisy							
Oddělení KATEDRA 338	Technický referent	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		Status dokumentu	Soubor		Č. sestavy HYD-KUB-02.01	Č. seznamu položek			
VŠB-TUO 	Kreslil T.KUBALA	Název, doplňující název NÁŠLAPKA PEDÁLU				Č. dokumentu HYD-KUB-02.01.03					
	Přezkoušel					Změna	Datum vydání 14.5.2013	Jazyk cz	Formát A4	List 1	



E

PŘÍLOHA J – Program tlačítka STOP

STEP 1

IF I2.1

THEN RESET O0.0

RESET O0.1

RESET O0.2

RESET O0.3

RESET O0.4

RESET O0.5

RESET O0.6

RESET O0.7

RESET O0.8

RESET O0.9

RESET O1.0

RESET O1.1

RESET O1.2

RESET O1.3

STEP 2

IF N I2.1

THEN JMP TO 1